

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, USANDO EL ADITIVO
SUPERPLASTIFICANTE GLENIUM C 313”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

BUSTAMANTE TIRADO, Marisol.

ASESOR:

M. EN I. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA.

Cajamarca – Perú

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios

A mis padres.

A mis hermanos.

A la Universidad de Nacional de Cajamarca y en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por mi formación académica.

A mi asesor. M. EN I. Héctor Pérez Loayza, por su apoyo en todo el proceso y desarrollo de la presente investigación.

A mis amigas: Yadira, Mary, Yovi, Karina y Anita, por su amistad, Conocimientos compartidos, complicidad y el apoyo mutuo en nuestra formación profesional, en todos los años que compartimos juntas en la Universidad. A mis amigos Edward y Jhimmy, por su apoyo en los trabajos en el laboratorio de materiales.

Finalmente agradecer por el apoyo y colaboración de mis familiares, amigos y compañeros de estudio, y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y confianza.

Gracias a Todos :P

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres Feliciano e Isabel por su apoyo incondicional en todo.

A mis hermanos Dilmer, Dilma, Jorge y Nicol por apoyarme siempre. Y a todos mis familiares que me brindaron su apoyo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes. :)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>AGRADECIMIENTO</i>	ii
<i>DEDICATORIA</i>	iii
<i>ÍNDICE DE CONTENIDOS</i>	iv
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	vii
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	x
<i>RESUMEN</i>	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	1
1.3. HIPÓTESIS	2
1.4. OBJETIVOS:.....	2
1.5. ALCANCES DE INVESTIGACIÓN	2
1.6. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.8. VARIABLES	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	5
2.1.1. A nivel internacional.....	5
2.1.2. A nivel nacional.....	6
2.1.3. A nivel local.....	6
2.2. BESES TEÓRICAS.....	7
2.2.1 Concreto Autocompactante	7
2.2.2 Componentes del Concreto	7
2.2.3 Características del Concreto Autocompactante	12
2.2.4 Ventajas del Concreto Autocompactante.....	18
2.2.5 Aplicaciones de Concreto Autocompactante	19
2.2.6 Propiedades Principales del Concreto Endurecido	21
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:.....	22
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.2.1 Tipo.....	25
3.2.2 Diseño.....	25

3.2.3 Muestra.....	25
3.2.4 Unidad de análisis.....	26
3.3. CANTERA.....	27
3.3.1 Ubicación.....	27
3.3.2 Extracción y preparación de muestras para ensayos.....	27
3.4. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL AGREGADO.....	28
3.4.1 Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados.....	28
3.4.2 Extracción y preparación de muestras para ensayos.....	28
3.4.3 Análisis Granulométrico.....	29
3.4.4 Material Más Fino Que El Tamiz N°200.....	30
3.4.5 Densidad Relativa Y Absorción.....	31
3.4.6 Contenido de Humedad.....	33
3.4.7 Peso unitario volumétrico.....	34
3.4.8 Resistencia al desgaste o abrasión del agregado:.....	37
3.5 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO.....	39
3.6 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.....	39
3.7 CARACTERÍSTICAS DEL ADITIVO GLENIUM C 313.....	39
3.7.1 Ventajas.....	39
3.7.2 Dosificación.....	39
3.8 DISEÑO DE MEZCLAS.....	40
3.8.1 Procediendo para el diseño de mezclas.....	40
3.8.2 Procedimiento para la Elaboración de la Mezcla de Prueba.....	40
3.8.3 Elaboración del Ajuste de mezcla.....	41
3.8.4 Materiales de diseño para un metro cúbico de concreto.....	43
3.9 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	44
3.10 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	45
3.10.1 Asentamiento (NTP 339.035).....	45
3.10.2 Extensión de Flujo.....	46
3.10.3 Ensayo de Caja L.....	47
3.10.4 Ensayo caja U.....	47
3.10.5 Peso volumétrico unitario (NTP 339.046).....	48
3.11 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	48
3.12 CURADO DE ESPECÍMENES.....	52

3.13 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	52
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	54
4.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	54
4.2. Asentamiento y extensión de flujo	54
4.2.2 Ensayo de la Caja L (capacidad de paso).....	55
4.2.3 Ensayo de la Caja U (capacidad de paso y relleno).....	55
4.2.4 Análisis del peso unitario volumétrico del concreto en estado fresco.	56
4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	57
4.3.1 Análisis Resistencia a la compresión	57
4.3.2 Estándares estándar para control de concreto en resistencia a compresión	58
4.3.3 Análisis Resistencia a la flexión	62
4.3.4 Módulo de elasticidad	66
4.3.5 Análisis del Tipo de falla de especímenes a compresión	67
4.4. ANÁLISIS DE COSTOS TENIENDO EN CUENTA SOLO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	69
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. CONCLUSIONES:	73
5.2. RECOMENDACIONES:.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO I: TABLAS PARA PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS	78
ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS	83
ANEXO III: HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO GLENIUM C 313	93
NEXO IV: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I.....	95
ANEXO V: CERTIFICADO DEL LABORATORIO	96
ANEXO VI: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS	97
ANEXO VII: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	100
ANEXO VIII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO	108
ANEXO IX: GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS	114
ANEXO X: PANEL FOTOGRÁFICO	124

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Principales compuestos del cemento y características de cada uno</i>	8
<i>Tabla N° 2: Rango admisible de los ensayos normalizados (ECHE-08)</i>	17
<i>Tabla N° 3: Rango admisible de los ensayos no normalizados (ACHE 2008)</i>	18
<i>Tabla N° 4: Parámetros de los ensayos en estado fresco (EFNARC 2002)</i>	18
<i>Tabla N° 5: Ubicación Geográfica de la Investigación</i>	25
<i>Tabla N° 6: Ubicación geográfica de la cantera "Roca Fuerte"</i>	27
<i>Tabla N° 7: Porción de muestra requerida para los ensayos de laboratorio</i>	29
<i>Tabla N° 8: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al Tamiz N°200...</i>	30
<i>Tabla N° 9: Capacidad de los recipientes para ensayos de densidad de masa</i>	34
<i>Tabla N° 10: Muestra requerida para ensayo de abrasión</i>	37
<i>Tablan°11: ensayos -normas</i>	38
<i>Tabla N° 12: Materiales de diseño para un metro cúbico de concreto-con diferentes porcentajes de aditivo</i>	43
<i>Tabla N° 13: Cuadro de resumen de las propiedades de los materiales</i>	54
<i>Tabla N° 14: Valores de asentamiento para concreto autocompactante</i>	54
<i>Tabla N° 15: Parámetro de ensayo de la Caja L</i>	55
<i>Tabla N° 16: Parámetros de ensayo de la Caja C</i>	55
<i>Tabla N° 17: Variación porcentual del peso unitario volumétrico del concreto fresco a los 28 días</i>	56
<i>Tabla N° 18: Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días de curado</i>	57
<i>Tabla N° 19: Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión</i>	58
<i>Tabla N° 20: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del..</i>	61
<i>Tabla N° 21: Resultados de ensayo a la flexión</i>	62
<i>Tabla N° 22: Promedio de ensayos a flexión</i>	63
<i>Tabla N° 23: Variación porcentual de ensayos a flexión</i>	66
<i>Tabla N° 24: Modulo de Elastina</i>	67
<i>Tabla N° 25: Tipos de Falla obtenidos en los diferentes tipos de concreto</i>	68
<i>Tabla N° 26: Porcentajes de falla registrados en los ensayos a compresión</i>	68
<i>Tabla N° 27: Costos por metro cúbico de concreto</i>	70
<i>Tabla N° 28: Resumen del concreto patrón y autocompactante por m³</i>	70
<i>Tabla N° 29: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de aditivo y su respectiva resistencia a la compresión a los 28 días</i>	71
<i>Tabla N° 30: Husos granulométricos del agregado fino</i>	78
<i>Tabla N° 31: Husos granulométricos del agregado grueso</i>	79
<i>Tabla N° 32: Tipo de gradación según peso retenido de la muestra de ensayo</i>	80
<i>Tabla N° 33: Carga abrasiva según tipo de gradación del material</i>	80
<i>Tabla N° 34: Número de capas de compactación requeridas por espécimen</i>	81
<i>Tabla N° 35: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba</i>	81
<i>Tabla N° 36: Capacidad de los recipientes de medición</i>	82
<i>Tabla N° 37: Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto</i>	82
<i>Tabla N° 38: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 01</i>	83

Tabla N° 39: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 02.	84
Tabla N° 40: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 03	85
Tabla N° 41: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 01.....	86
Tabla N° 42: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 02.....	87
Tabla N° 43: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 03.....	88
Tabla N° 44: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino.....	89
Tabla N° 45: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso. ...	89
Tabla N° 46: Resultado de densidad relativa y absorción de agregado fino.	89
Tabla N° 47: Resultado de densidad relativa y absorción de agregado grueso.	90
Tabla N° 48: Resultados de contenido de humedad del agregado fino.	90
Tabla N° 49: Resultados de contenido de humedad del agregado grueso.	90
Tabla N° 50: Peso específico del agua para determinar el Factor Agua “f”	91
Tabla N° 51: Factor Agua “f” para determinar los Pesos Unitarios.	91
Tabla N° 52: Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.	91
Tabla N° 53: Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso.....	91
Tabla N° 54: Peso Unitario Suelto Compactado del agregado fino.....	92
Tabla N° 55: Peso Unitario Suelto Compactado del agregado grueso.	92
Tabla N° 56: Resultado del porcentaje de desgaste del agregado grueso.	92
Tabla N° 57: Resistencia a la compresión promedio	97
Tabla N° 58: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.	97
Tabla N° 59: Requerimientos de agua en L/m ³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.....	97
Tabla N° 60: Relación agua/cemento por resistencia	98
Tabla N° 61: Módulo de finura de la combinación de agregados.....	98
Tabla N° 62: Límites de sustancia permisibles en el agua de mezcla o curado.	99
Tabla N° 63: Diseño de mezcla del concreto para ajuste de mezclas de prueba.	100
Tabla N° 64: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba.....	101
Tabla N° 65: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados	102
Tabla N° 66: Corrección por variación de la resistencia debido al grado de hidratación del concreto.....	103
Tabla N° 67: Diseño de mezcla del concreto con adición de 0.5% de aditivo del peso del cemento.....	104
Tabla N° 68: Diseño de mezcla del concreto con adición de 1 % de aditivo del peso del cemento.....	105
Tabla N° 69: Diseño de mezcla del concreto con adición de 1.5% de aditivo del peso del cemento.....	106
Tabla N° 70: Diseño de mezcla del concreto con adición de 2.0 % de aditivo del peso del cemento.....	107
Tabla N° 71: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días del concreto patrón	108
Tabla N° 72: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación 1	108
Tabla N° 73: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación2	109

Tabla N° 74: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación3	109
Tabla N° 75: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación 4	110
Tabla N° 76: Resultados de los especímenes a flexión –concreto patrón	111
Tabla N° 77: Resultados de los especímenes a flexión –concreto con adición de Aditivo D-1	111
Tabla N° 78: Resultados de los especímenes a flexión – concreto con adición de Aditivo D-2	112
Tabla N° 79: Resultados de los especímenes a flexión – concreto con adición de Aditivo D-3	112
Tabla N° 80: Resultados de los especímenes a flexión – concreto con adición de Aditivo D-4	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Dimensiones del cono de Abrams del ensayo de escurrimiento	14
Figura N° 2: Dimensiones de la Caja L	15
Figura N° 3: Dimensiones de la Caja U.....	17
Figura N° 4: Fotografía satelital de la ubicación del estudio.....	25
Figura N° 5: Diagrama del circuito experimental para la evolución de concreto autocompactante.....	26
Figura N° 6: Fotografía satelital de la ubicación de la planta de chancado – Roca Fuerte....	27
Figura N° 7: Tipos de fractura que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.....	49
Figura N° 8: Ensayo de flexión método de carga en el punto medio.....	51
Figura N° 9: Asentamiento y extensibilidad de las mezclas de concreto.....	55
Figura N° 10: peso unitario volumetrico del concreto fresco.....	56
Figura N° 11: Resumen de resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días.....	59
Figura N° 12: Promedio de ensayos a compresión, a edad de 7 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo Glenium C 313.....	59
Figura N° 13: Promedio de ensayos a compresión, a edad de 14 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo Glenium C 313.....	60
Figura N° 14: Promedio de ensayos a compresión, a edad de 28 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo Glenium C 313.....	60
Figura N° 15: promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de aditivo Glenium C313.....	61
Figura N° 16: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Glenium C 313, respecto al concreto patrón.....	62
Figura N° 17: resumen de la resistencia a la flexión Glenium C 313, respecto al concreto patrón	63
Figura N° 18: Promedio de ensayos a flexión, a edad de 7 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo.....	64
Figura N° 19: Promedio de ensayos a flexión, a edad de 14 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo.....	64
Figura N° 20: Promedio de ensayos a flexión, a edad de 28 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo.....	65
Figura N° 21: promedios de ensayos a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra.....	65
Figura N° 22: Evaluación de la Resistencia a la Flexión vs tiempo.....	66
Figura N° 23: Módulo de Elasticidad a los 28 días, según la Norma E.060 y Grafica esfuerzo Vs deformación.....	67
Figura N° 24: Tipos de Falla Típicas en las probetas a compresión.....	68
Figura N° 25: Porcentaje de fallas típicas registradas en los ensayos a compresión..	69
Figura N° 26: Costo Vs. Esfuerzo a la Compresión.....	71
Figura N° 27: Costo Vs. Esfuerzo a la Flexión.....	71
Figura N° 28: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo N °01	83
Figura N° 29: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 02	84
Figura N° 30: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 03	85
Figura N° 31 : Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 01	86
Figura N° 32: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 02	87
Figura N° 33: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 03	88

<i>Figura N° 34: puente colgante Shin-Kiba Ohashi en Japón</i>	124
<i>Figura N° 35: puente de Akashi Kaikyo-Japon</i>	124
<i>Figura N° 36: Ayuntamiento de Mollet del Vallès-España</i>	124
<i>Figura N° 37: El tanque LNG que pertenece a Osaka Gas Company</i>	124
<i>Figura N° 38: ensayo de granulometría</i>	124
<i>Figura N° 39: muestras de agregado para hallar el contenido de humedad</i>	124
<i>Figura N° 40: Se aprecia el ensayo de pesos específico de agregado grueso.</i>	125
<i>Figura N° 41: sayo de lavado del agregado para determinar las partículas que pasan el tamiz N° 200</i>	125
<i>Figura N° 42: ensayo abrasión</i>	125
<i>Figura N° 43. Ensayo de peso específico del agregado fino.</i>	125
<i>Figura N° 44: Ensayo de peso unitario suelto seco de los agregados fino y grueso.</i> .	126
<i>Figura N° 45: aditivo Glenium C313</i>	126
<i>Figura N° 46: ensayo de asentamiento</i>	126
<i>Figura N° 47: medida de extensibilidad</i>	126
<i>Figura N° 48: Ensayo de extensión de flujo - dosificación 3</i>	126
<i>Figura N° 49: Ensayo de extensión de flujo - dosificación 2</i>	126
<i>Figura N° 50: mezcla de concreto autocompactante con la dosificación D-4</i>	127
<i>Figura N° 51: caja L</i>	127
<i>Figura N° 52: medida de alturas en el ensayo caja L</i>	127
<i>Figura N° 53: ensayo de la C, don adición de aditivo con la dosificación 3</i>	127
<i>Figura N° 54: caja U</i>	127
<i>Figura N° 55: ensayo caja U</i>	127
<i>Figura N° 56: llenado de probetas cilíndricas para el ensayo a compresión</i>	128
<i>Figura N° 57: probetas llenas de concreto aucompactante</i>	128
<i>Figura N° 58: fraguado de probetas para ensayo a compresión</i>	128
<i>Figura N° 59: evaluación de los especímenes</i>	128
<i>Figura N° 60: grafuado de probetas para ensayo a flexión</i>	128
<i>Figura N° 61: mitad de probetas para en el ensayo a compresión</i>	128
<i>Figura N° 62: medición de las dimensiones de los probetas haciendo uso del vernier para hallar el diámetro y altura promedio</i>	129
<i>Figura N° 63: toma de lectura del deformimetro</i>	129
<i>Figura N° 64: ensayo a compresión</i>	129
<i>Figura N° 65: ensayo a flexión</i>	129
<i>Figura N° 66: deformimetro-ensayo a flexión</i>	129
<i>Figura N° 67: toma de medidas de los lados y aristas de las probetas prismáticas para el ensayo a flexión</i>	129

RESUMEN

El concreto autocompactante es aquel concreto que por la acción de su propio peso, es capaz de fluir y rellenar perfectamente el encofrado, aun en el caso de altas densidades de armadura. Estos concretos poseen la ventaja de eliminar la compactación manual o la compactación manual o la compactación mediante vibración y dan una terminada superficial de gran calidad. Frente a ello, el presente trabajo tiene como objetivo principal analizar las propiedades mecánicas del concreto con la adición del aditivo Glenium C 313 para un $f'c=300$ kg/cm². Para ello se elaboraron 225 espécimen de concreto, 150 cilíndricas y 75 prismáticos. Con diferentes porcentajes de aditivo en función al peso del cemento (0.5%, 1%, 1.5% y 2%), ensayados a 7, 14 y 28 días a compresión y flexión. Los materiales utilizados fueron cemento Pacasmayo Tipo I, agregados extraídos del Rio Chonta, aditivo Glenium C 313 y agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se analizó las propiedades del concreto en estado fresco empleando ensayos de fluidez, caja L, caja U, peso unitario del concreto, así como la resistencia a la compresión, flexión y módulo de elasticidad en estado endurecido. Los resultados obtenidos indican que el mayor incremento de la resistencia a compresión fue de 17.55% en función al concreto patrón y se obtuvo con la adición de 1% de del aditivo de peso del cemento, en flexión la resistencia se incrementó en 13.52% en función al concreto patrón con una adición de 1% del aditivo de peso del cemento. Los resultados también indican que a medida que se incrementa el porcentaje del aditivo la resistencia del concreto disminuye en 11.02% a compresión y 17.42% a flexión, respecto al concreto patrón, con la adición de 2% del aditivo de peso del cemento. El menos costo en relación a la resistencia a compresión se obtuvo con la adición de 0.5% de adición del aditivo en función al peso del cemento. El porcentaje óptimo fue de aditivo 1% en peso del cemento, el cual produce un incremento de resistencia mecánica en más de 10%.

Palabras claves: Concreto Autocompactante, Compactación, Adición, Aditivo, fluidez.

ABSTRACT

The self-compacting concrete is that concrete that by the action of its own weight, is able to flow and perfectly fill the formwork, even in the case of high densities of reinforcement. These concretes have the advantage of eliminating manual compaction or manual compaction or compaction by vibration and give a high quality surface finish. Against this, the main objective of this work is to analyze the mechanical properties of concrete with the addition of Glenium C 313 additive for a $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$. To this end, 225 concrete specimens were prepared, 150 cylindrical specimens and 75 prismatic specimens. With different percentages of additive based on the weight of the cement (0.5%, 1%, 1.5% and 2%), tested at 7, 14 and 28 days to compression and flexion. The materials used were Pacasmayo Type I cement, aggregates extracted from the Chonta River, Glenium C 313 additive and water from the campus of the National University of Cajamarca. The properties of the fresh concrete were analyzed using flow tests, box L, box U, unit weight of the concrete, as well as the resistance to compression, bending and modulus of elasticity in hardened state. The obtained results indicate that the greater increase of the resistance to compression was of 17.55% in function to the concrete pattern and it was obtained with the addition of 1% of the additive of weight of the cement, in flexion the resistance was increased in 13.52% in function to the concrete pattern with an addition of 1% of the weight additive of the cement. The results also indicate that as the percentage of the additive increases, the strength of the concrete decreases by 11.02% at compression and 17.42% with flexion, compared to the concrete pattern, with the addition of 2% of the cement weight additive. The least cost in relation to the compressive strength was obtained with the addition of 0.5% addition of the additive based on the weight of the cement. The optimal percentage was 1% additive in weight of cement, which produces an increase of the mechanical resistance in more than 10%.

Keywords: Self-compacting Concrete, Compaction, Addition, Additive, fluidity.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se conoce que el concreto es uno de los materiales más usados y el más versátil de los materiales de construcción, esto permite su utilización en diversos tipos y formas estructurales, así como también en los diversos climas variados, todos ellos buscando siempre la mejora de sus propiedades y comportamiento. (Vásquez, I. 2015)

El proceso de fabricación del concreto no es ajeno a los problemas durante su producción múltiples factores tales como materiales de pobre calidad, maquinas defectuosas (mezcladoras, dosificadoras, vibradoras para el concreto) mano de obra no capacitada, complejidad del proyecto, acciones imprevistas, cambios de clima, provocan una serie de defectos que pueden traer consigo problemas en la calidad estética y estructural. Uno de estos factores es el vibrado que se realiza durante la colocación de concreto en obra, básicamente esta parte del proceso de fabricación del concreto es independiente de la experiencia del operario a cargo, muchas veces la mano de obra capacitada es escasa y aquí donde empiezan los problemas de calidad.

El uso del concreto autocompactante resuelve esta dificultad del vibrado en su colocación, por ser un concreto de alta trabajabilidad y capaz de fruir por su propio peso y a la vez incrementa la resistencia mecánica del concreto endurecido; siendo estas las razones que las conllevaron a realizar el presente trabajo de investigación, ya que en nuestro medio no existe estudios con aditivos de última generación, la presente investigación tiene como finalidad la obtención de un CAC usando el Aditivo Glenium C 313. Además permitirá el estudio de tecnologías que permitan mejorar la trabajabilidad de concretos sin afectar las características de diseño requerido de la misma.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Como consecuencia de los argumentos presentados y que anteceden a estas líneas, el problema de la investigación queda planteado de la siguiente manera:

¿Cómo influye el uso del aditivo Glenium C313 en las propiedades mecánicas del concreto autocompactante $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. HIPÓTESIS

- La adición del aditivo Glenium C313 influye de manera positiva incrementando en más de 10% la resistencia mecánica del concreto autocompactante.

1.4. OBJETIVOS:

1.4.1. Objetivo General:

- Analizar las propiedades mecánicas del concreto con la adición del aditivo Glenium C 313, para un $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivo específico

- Determinar las características del concreto en estado fresco.
- Determinar las propiedades de la resistencia a compresión del concreto con la adición del aditivo Glenium C 313.
- Determinar las propiedades de la resistencia a flexión del concreto con la adición del aditivo Glenium C 313.

1.5. ALCANCES DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, con agregados de la zona, y con aditivo superplastificante.

El presente estudio permitirá obtener información del comportamiento mecánico del concreto tradicional y el concreto autocompactante. Asimismo se obtendrá información acerca de la utilización del aditivo para la elaboración de concretos, así como establecer una comparación económica con respecto al concreto tradicional.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se planteará el diseño de mezclas de concreto con adición del aditivo en porcentajes en función al peso del cemento. Asimismo algunos ensayos tanto de concreto fresco como endurecido, esperando contribuir con la investigación y con posteriores trabajos de naturaleza similar.

1.6. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la necesidad cada vez más grande que se tiene de realizar construcciones que requieren concretos con mayor trabajabilidad y fluidez, se cree necesario realizar una investigación en concretos autocompactantes, utilizando aditivo superplastificante para elaborar este tipo de concreto.

El CAC se presta como una solución a problemas de colocación de concreto, por su capacidad de acomodo sin segregación, mejorar ampliamente los sistemas de construcción basados en concreto convencional que requieren necesariamente compactación por vibrado.

Por tanto se ha propuesto realizar esta investigación, la cual brindara información sobre el comportamiento de las mezclas del CAC, utilizando diferentes porcentajes de aditivo en función al peso del cemento, en estado fresco mediante los diferentes ensayos se analizara su capacidad de fluidez del concreto, como en estado endurecido mediante los ensayos de resistencia a compresión y flexión.

La presente investigación será de utilidad para estudiantes, profesionales y otros investigadores; así como también contribuirá a la mejora de la calidad de construcción con concreto en la ciudad.

1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Delimitaciones

El estudio se ha realizado en el distrito de Cajamarca, utilizando agregados de la planta de chancado Roca Fuerte se procesan agregados extraídos de los márgenes del rio Chonta. Distrito de Baños del Inca, Cemento Pacasmayo Tipo I y Agua usada en el campus universitario, materiales representativos de la localidad de Cajamarca, por lo que el estudio se circunscribe a la localidad de Cajamarca.

Esta tesis se realizó en el periodo comprendido entre los meses de junio a noviembre del 2016.

1.7.2 Limitaciones

El diseño de la mezcla se realizó con el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados, por considerar a este método uno de los más adecuados y que generan mezclas con menor porcentaje de vacíos.

Se ensayaron los especímenes de concreto a compresión y flexión en cada caso a edades de 7, 14 y 28 días.

En lo referente a la evaluación de los costos del concreto, nos limitaremos a evaluar solo respecto a los materiales, mas no se evaluará la mano de obra, equipo, herramientas, y rendimientos, ya que éstos no pueden ser controlados y evaluados con exactitud en éste caso.

1.8. VARIABLES

1.7.1 Variable independiente

- La dosis del aditivo (%), está en relación al peso del cemento.

1.7.2 Variable dependiente

- La Resistencia mecánica del concreto autocompactante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. A nivel internacional

Los primeros estudios sobre concreto autocompactante fueron realizados por el profesor Okamura, en la universidad de Tokio. Acuñando previamente el nombre de "High Performance Concrete" y empleándose el término concreto autocompactante (Self Compacting Concrete) unos años más tarde. Fue planteado como la solución para aumentar la durabilidad de las estructuras de concreto y para racionalizar los sistemas constructivos. . Un aspecto de gran preocupación en los CAC fue su gran fluidez pues puede generar segregación en la mezcla. Investigaron sobre la homogeneidad de concretos autocompactantes, mediante la comparación de dos tipos de concreto, uno autocompactante y otro tradicional con vibrado; los resultados de su investigación presento buena resistencia a la segregación en comparación con los concretos tradicionales.

El concreto autocompactante se desarrolló para obtener estructuras más durables que requieran un concreto muy bien compactado (Okamura y Ouchi 1997).

- Rigueira, J. (2007). Estudio de la Sensibilidad e Influencia de la Composición en las Propiedades Reológicas y Mecánicas de los Hormigones Autocompactante (tesis doctoral).Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Donde concluyo que la efectividad de los aditivos sobre distintas pastas de cemento y filler verificando que la demanda de aditivo por parte del cemento es mayor que la del filler. Este resultado se detecta sobre todo para la mezcla filler-cemento en las que el contenido en cemento supera el 50%. Además esta diferencia crece cuando la relación agua/cemento es mayor.
- Flores, B. (2015). Hormigón Autocompactante (tesis de grado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador. Concluyo que: los agregados de la cantera Guayllabamba cumplen con los parámetros en la norma NTE INEI 696. El diseño de las mezclas consideradas para resistencia de 21 MPa, siguiendo los parámetros del método ACI 237 R para hormigones autocompactantes, cumplen con la resistencia a la compresión. Los resultados en probetas cilíndricas basadas en el método ACI 211, a los 28 días alcanza 98.33% de la resistencia de diseño, por consiguiente se deberá tomar en cuenta esta limitación.

2.1.2. A nivel nacional

- Molina, J, y Br. Saldaña, S. (2014). Influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido (tesis de pregrado). Universidad Privada Antonio Orrego, Trujillo. En la que concluyeron que: El aditivo plastol 200Ext mejora las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido. El porcentaje optimo del aditivo fue de 1.2% del peso del cemento. Así mismo concluyeron que el aumentar en pequeñas cantidades de porcentajes del aditivo tiene gran influencia en la exudación y segregación que presentar, de igual modo también influye en su trabajabilidad y su resistencia a la compresión.
- Neyra, U. (2012). Influencia de la adición mineral microfiller calizo en concreto autocompactante (tesis pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima. En la cual concluyo que: Los diseños con solo cemento que logran un mejor comportamiento son aquellos que contienen de cemento entre 460 y 500 kg/cm³, debido a que el empleo de contenidos menores nos obligan a emplear aditivos modificadores de viscosidad para evitar una posible segregación de la mezcla, en la búsqueda de mayores extensibilidades iniciales y la limitación del contenido de agua y aditivo.

2.1.3. A nivel local

- Sánchez, L. (2015). Efecto Del Aditivo Superplastificante Sika Viscocrete En La Resistencia Mecánica Del Concreto Autocompactante (tesis pregrado) Universidad nacional de Cajamarca. Cajamarca. Concluyo que: El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Banda-La Victoria, indican que estos pueden ser usados en laboratorios de concreto autocompactante, siempre y cuando se trabaje con una granulometría mejorada para el agregado fino y con tamaño máximo nominal de ½ pulgada para el agregado grueso. También que el concreto autocompactante presento las siguientes características: ensayo de extensión de flujo, presenta una extensibilidad entre los rangos de 66-73cm. Ensayo de caja L con una capacidad de paso de buena con un coeficiente de bloqueo entre 0.94 y 0.89. Ensayo en la caja U, con capacidad de paso y relleno adecuado con altura de relleno mayor de 300 mm y diferencia de alturas menos a 30 mm.
- Pérez, C. (2015). Influencia del aditivo sika visco crete 3330 en la durabilidad de los concretos Autocompactantes elaborados con cemento tipo II y V. (tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Concluyo que: El aditivo sika

viscocrete 333. Tiene una influencia positiva en el diseño de concreto autocompactante, considerando un concreto durable, basado en parámetros de durabilidad y en función a la resistencia a la compresión, siendo el óptimo 1.3% para concreto elaborados con cemento Pacasmayo tipo V, incrementando la resistencia a compresión en un 14.60% y 1.4 %, para concreto elaborados con cemento Pacasmayo tipo II, incrementando la resistencia a compresión en un 6.51 % en función al concreto patrón.

2.2. BESES TEÓRICAS

2.2.1 Concreto Autocompactante

El hormigón Autocompactante es un hormigón capaz de compactarse por acción de la gravedad que llena los encofrados y discurre entre las armaduras sin necesidad de aplicar medios de compactación internos o externos y manteniéndose, durante su puesta en obra, homogéneo y estable sin presentar segregaciones (exudación o sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso). La consistencia del hormigón autocompactante presenta cierta viscosidad que le caracteriza y, a la vez, la diferencia de los hormigones convencionales de consistencia fluida.

Como consecuencia del párrafo anterior, podemos definir la autocompactabilidad como la propiedad que presentan algunos hormigones de consistencia fluida y viscosa de compactarse sin necesidad de aportación de energía (vibración), rellenando los encofrados y discurriendo entre las armaduras sin que se produzca sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso. (Burbon, 2006, p.52)

2.2.2 Componentes del Concreto

2.2.2.1 Cemento Portland

Es un aglomerante hidráulico producido mediante la calcinación, a temperaturas ligeramente inferiores a las de fusión, de una mezcla de materiales calizos y arcillosos, obteniendo el clínker que es un material deshidratado, y es molido con la adición de yeso y otras adicciones, dando como resultado el producto final, cemento portland.

El cemento portland se divide en cinco categorías normadas por las especificaciones del [ASTM C150], y las Normas Técnicas Peruanas [NTP 334.009-2013], cada categoría posee características físicas y químicas específicas.

Tabla N° 1: Principales compuestos del cemento y características de cada uno

Nombre	Composición	Formula Abreviada	Características
Silicato Tricálcico	3CaO SiO ₂	C3S	Responsable de las resistencia a primeras edades, hasta los 28 días aproximadamente.
Silicato Bicálcico	2CaO SiO ₂	C2S	Responsable de la resistencia a edades avanzadas. De 28 días en adelante
Aluminato Tricálcico	3CaO Al ₂ O ₃	C3A	Genera mucho más calor que una cantidad igual de los otros componentes. Es responsable de las variaciones de volumen, formación de grietas, ataques s los sulfatos.
Ferrito Aluminato Tetracálcico	4CaO Al ₂ O ₃ FeO ₃	C4AF	Poca influencia en la resistencia.

Fuente: Cemento portalnd- Instituto Mexicano del cemento y del concreto.

- **Tipos de cemento Portland:**

Cemento tipo I - Cemento Portland común: para usos generales en donde no se requieren las propiedades especiales de los otros tipos. Se caracteriza por tener altas resistencias mecánicas y alta generación de calor durante su hidratación. No apto para concreto en masa. Se en las en construcciones de pavimentos y banquetas, edificios de concreto reforzados, puentes, productos prefabricados, trabajos de mampostería, y para todos los usos de cemento o concreto no sujetos al ataque de suelos o sulfatos o donde el calor generado por la hidratación del cemento no cause una elevación de temperatura objetable. (Aguilar, 1970)

Cemento tipo II - Cemento Portland modificado: Este cemento presenta características intermedias entre el común por una parte, y el de bajo calor y el resistente a los sulfatos, por la otra. Con características de resistencia similares a las del cemento común, presenta menor calor de hidratación, mayor resistencia a aguas y suelos sulfatados y es en general adecuado para obras hidráulicas. En México se ha empleado con éxito en la construcción de grandes presas. Se emplea también en otras estructuras de tamaño considerable como

en grandes muelles, contrafuertes de gran espesor y grandes muros de contención en las cuales es necesario reducir la elevación de la temperatura, especialmente 27 cuando el concreto se coloca en ambiente caluroso. En tiempo de frío cuando el calor generado es ventajoso, puede ser preferible el cemento tipo 1 o el tipo III. El cemento tipo II también es adecuado para colocarse en lugares en donde deba tomarse precaución adicional contra el ataque moderado de sulfatos, como en estructuras para drenaje donde las concentraciones de sulfatos en las aguas subterráneas son más altas que las normales, pero no muy severas. (Aguilar, 1970)

Cemento tipo III - Cemento Portland de resistencia: Es el que desarrolla mayor resistencia a primeras edades, y así, su resistencia a 7 días es comparable con la del tipo 1 a 28 días. Por sus altas resistencias tempranas se emplea cuando se requiere descimbrar pronto, para poner rápidamente el concreto en servicio, en clima frío para reducir el período de protección contra la baja temperatura, y cuando se desean altas resistencias a edades cortas, puede ser más satisfactorio o más económico su empleo que el uso de mezclas ricas con cemento tipo 1. Genera mucho calor al hidratarse y a velocidad mayor que el tipo 1; al igual que éste tampoco resiste el ataque de los sulfatos. No es apto para concreto en masa, sino para estructuras en donde pueda disiparse rápidamente el calor. Es recomendable para inyecciones por su elevada finura, la cual es bastante más alta que la de los otros tipos de cemento. (Aguilar, 1970)

Cemento tipo IV- Cemento Portland de baja calor-general: Al hidratarse menos calor que los otros cementos y, a menor velocidad: reduce el agrietamiento que resulta de las grandes elevaciones de temperatura y la contracción consiguiente con la caída de la misma. Posee buena resistencia a los sulfatos. El desarrollo de la resistencia mecánica es lento a edades tempranas, pero de igual resistencia a la de los demás cementos a edades avanzadas (6-12 meses). Es especial para usarse en grandes masas de concreto como en presas de gravedad en donde la elevación de temperatura resultante del calor generado durante su endurecimiento es un factor crítico. (Aguilar, 1970)

Cemento tipo V - Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos: Es especial para usarse en construcciones expuestas a la acción severa de los sulfatos. El grado de desarrollo de resistencia puede ser algo más lento en las primeras edades que el del cemento Portland común, pero igual o mayor resistencia a edades avanzadas (6-12 meses). Es beneficioso en revestimiento de canales, alcantarillas, túneles, sifones y en general en todo tipo de estructuras que están en contacto con suelos y aguas subterráneas que contengan sulfatos en concentraciones tales que pudieran causar deterioro del

concreto si se empleara otro tipo de cemento. La generación de calor también es baja. (Aguilar, 1970)

2.2.2.2 Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuya calidad deben cumplir ciertos parámetros fijados en la Norma NTP 400.011, para garantizar su desempeño óptimo; deben contener partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta al cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Éstos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 60% y el 80% de la unidad cúbica del concreto. Conformando la fase discontinua del concreto.

Los agregados naturales se clasifican en:

- **Agregado fino:**

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que quedan retenidos en el tamiz 0.047 (N° 200), además cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037, o la norma ASTM C33.

La norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación; el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso.

El agregado fino debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe ser arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- Limpio de cantidades perjudiciales de polvo, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otros.
- Cumplir con el huso granulométrico.
- Las partículas dañinas no deben exceder como máximo: partículas deleznable: 3%; material más fino que la malla N° 200: 5%

- **Agregado grueso:**

Se define como agregado grueso el material retenido en el tamiz 4.75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de rocas, cumpliendo con lo establecido en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C33.

El tamaño máximo del agregado grueso utilizado en un concreto tiene su fundamento en la economía, y está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más del agregado grueso tamizado.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa, químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

Asimismo; en ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de presfuerzo.

2.2.2.3 Agua:

Elemento fundamental en la preparación del concreto, permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido, por ello es importante que el cemento y el agua sean usados en las proporciones adecuadas para obtener buenos resultados (NTP 339.088).

2.2.2.4 Aditivos

Según el ACI 1R, los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, cemento hidráulico, y adiciones que se utilizan como ingrediente del concreto y se añade a las mezclas inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que se adecuen mejor a las condiciones de trabajo, haciendo posible un adecuado transporte, comportamiento durante y después de colocado o para reducir los costos de producción.

Según la Norma ITINTEC 339.086, sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto, con el propósito de modificar algunas de sus propiedades.

Aditivos Superplastificantes

El aditivo superplastificante proporciona al hormigón extraordinarias cualidades de trabajabilidad con menos cantidad de agua, proporcionando un concreto con mejores prestaciones. (Instituto de cemento y del Hormigón 2013).

2.2.3 Características del Concreto Autocompactante

2.2.3.1 Propiedades en estado fresco

Las características del CAC son su deformabilidad y todas sus prestaciones se logran con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos concretos. La fluidez alta proporciona la facilidad de colocación del concreto en el encofrado y el relleno del mismo, y la viscosidad y cohesión moderadas evitan la segregación de sus componentes garantizando una deformabilidad uniforme en el proceso de colocación. En este sentido, la facilidad para el relleno y el paso entre las armaduras son parámetros esenciales en la definición de las prestaciones de este tipo de concreto.

El CAC se caracteriza por contar con las siguientes características:

- **Capacidad de relleno**, es la capacidad del CAC de rellenar los espacios de un encofrado solamente por la acción de su propio peso, sin la necesidad de compactación por vibrado.
- **Capacidad de paso**, es la capacidad de fluir a través de las barras del refuerzo del elemento estructural sin que se presente ningún tipo de bloqueo entre agregado – agregado y agregado – refuerzo.
- **Resistencia a la segregación**, es la capacidad de este tipo de concreto de tomar una consistencia muy fluida sin permitir segregación.

Para que la mezcla de concreto sea considerada autocompactable, debe tener la característica de fluir fácilmente y así llenar completamente los espacios dentro de las formas reforzadas por efecto de su propio peso, la mezcla deberá también tener una buena estabilidad para resistir la segregación. (Molina y Saldaña, 2014)

2.2.3.2 Ensayos del Concreto Autocompactante en estado fresco

- **Ensayo de extensión de flujo**

El ensayo de extensión de flujo, slump-flow en inglés, es el método más simple y el más utilizado, debido a la sencillez del equipo que se precisa. Está basado en el aparato y procedimiento del cono de abrams, el cual es el probablemente el ensayo más universal para determinar la docilidad o trabajabilidad del hormigón fresco.

Este ensayo difiere del convencional en que la muestra de hormigón se coloca sin ningún tipo de compactación. Además en este caso la altura del asentamiento no constituye una medida representativa, siendo el diámetro final de extensión (D_f) la medida fundamental que se obtiene como resultado. Adicionalmente, también suele medirse el tiempo del cono hasta alcanzar un diámetro de 500 mm (T50), y más ocasionalmente el tiempo final de extensión de flujo (T_f), hasta que la muestra deje de moverse.

El objetivo de este ensayo es evaluar la habilidad o facilidad de fluir del hormigón. Se puede también valorar cualitativamente, en términos visuales, la presencia de segregación, que se manifiesta por la presencia de una aureola de pasta o mortero alrededor del perímetro de la extensión del flujo y/o la presencia de áridos gruesos acumulados irregularmente, sobre todo en el centro.

La variante, en el ensayo con el cono de Abrams invertido, es decir, con la apertura de menor diámetro sobre la base. Así se evita la necesidad de tener una persona sujetando el cono, lo cual se hace normalmente pisando las asas de la base para que la presión del hormigón no lo levante. Con el cono invertido, el propio peso del hormigón lo mantiene estable.

El valor de la extensión de flujo, D_f , es útil para evaluar la capacidad de deformación del hormigón autocompactable. Se recomienda medidas de D_f de entre 200mm y 500mm de diámetro.

El T50 y el T_f se emplean para caracterizar la viscosidad y cohesión. En general, mayor tiempo significa mayor viscosidad y cohesión del hormigón. Sin embargo, estos tiempos por sí solos no puede representar directamente la viscosidad, y puede tan solo valorarla cuando el valor de extensión de flujo de las mezclas que se evalúan es constante.

En cuanto al tiempo en el que el concreto debe alcanzar la marca de 500mm, se sugirió que entre 3-7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que 2-5 segundos es correcto para las aplicaciones en edificación (EFNARC 2002).

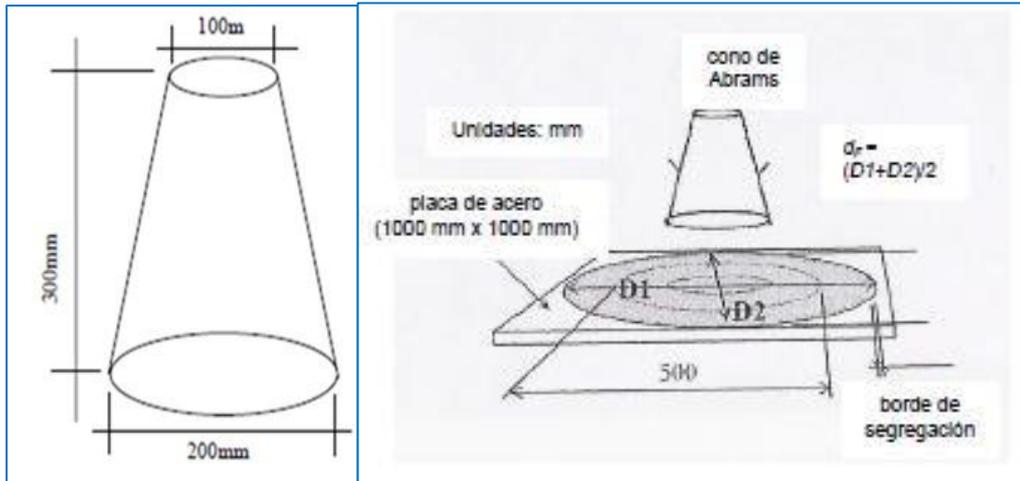


Figura N° 1: Dimensiones del cono de Abrams del ensayo de escurrimiento

EL aspecto final del concreto debe ser homogéneo, presentando una buena distribución de la grava. Una concentración de grava en el centro de la masa de concreto ensayado, indica una tendencia a la segregación, y el borde del concreto no debe presentar señales de exudación.

- **Ensayos de la Caja L**

La caja en L, denominada en inglés como L-Box, es un aparato bien conocido para la caracterización del HAC. Consta de un depósito vertical que conecta con un canal horizontal a través de una abertura en la que se colocan barras de armadura, figura 10.

El ensayo mide la capacidad de paso del concreto autocompactante a través de barras de acero con flujo confinado. Además permite conocer la capacidad de relleno, la segregación y si existe bloqueo del mismo. Está normalizado por la norma española UNE 83363:2007.

El ensayo consiste en llenar el depósito y dejar fluir el hormigón hacia el canal a través de las armaduras. Se determinan el tiempo que tarda el hormigón en llegar a una distancia de 200 mm (T20) y de 400 mm (T40), y las alturas H1 y H2 que se alcanzan en ambos extremos de la parte horizontal, con la mezcla ya en reposo. La razón H2/H1 se define como el coeficiente de bloqueo (CB).

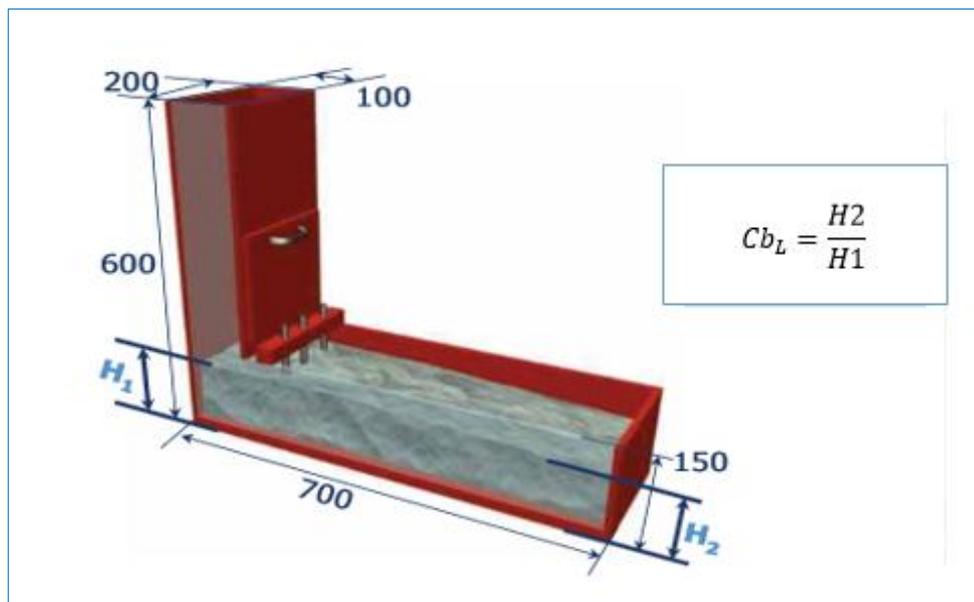


Figura N° 2: Dimensiones de la Caja L

La caja L está compuesto por un compartimiento vertical y un canal horizontal separados por una compuerta. En el canal, y junto a la compuerta se acopla un sistema de armaduras instalado con la intención de dificultar el paso del concreto. Tanto los diámetros de las barras utilizadas así como las separaciones entre ellas pueden ser modificados de acuerdo con el tipo de aplicación que se prevea para el concreto. En 1999 Petersson utilizó tres barras de 12 mm en su investigación sobre el coeficiente de bloqueo del CAC con diferentes tamaños máximos de áridos. Esta misma configuración de barras es la que recomienda el RILEM en su Report 23 (1999) o EFNARC en su documento del 2002. Ya en 2005 la guía europea contempla la utilización de dos o tres barras de 12 mm pero en ningún caso define cuando se debe utilizar cada una de las opciones. Finalmente, la norma española, UNE 83363 define la utilización de 3 barras de 12 mm de diámetro para ensayar concretos con diámetro máximo de árido igual a 20 mm y 2 barras de 16 mm de diámetro para hormigones con diámetros máximos de árido superior a 20 mm.

Los tiempos medidos en la caja en L (es decir, T₂₀ y T₄₀) cuantifican la velocidad de flujo a través de la barrera. No obstante, cabe reseñar que estos tiempos no son representativos de la fluidez del hormigón cuando ocurren efectos de bloqueo, resultando que las mezclas que atraviesan la armadura tienen más pasta que el hormigón retenido en la caja. Para un hormigón en el que no se presente bloqueo se recomiendan tiempos en los siguientes rangos: T₂₀<1,5 s y T₄₀<2,5 s.

Por otro lado, el coeficiente de bloqueo ($C_{b1}=H_2/H_1$), es un buen indicador de la habilidad para pasar por aperturas estrechas, que incluye la capacidad de deformación y la resistencia al bloqueo. RILEM considera valores entre 0,80 y 0,85, EFNARC entre 0,80 y 1,0, mientras que las Directrices Europeas únicamente considera como límite inferior el valor de 0,75. Y el anejo de la EHE propone el intervalo entre 0,75 y 1,0.

Un bloqueo frente las barras de acero puede ser causado básicamente por dos razones, la segregación de la mezcla debido a una dosificación inadecuada o la incompatibilidad entre el tamaño máximo del agregado grueso y los vanos entre barras de acero.

El uso de este ensayo es muy frecuente. Es muy adecuado para el laboratorio y quizá también para la misma obra. Evalúa conjuntamente la capacidad de relleno y de paso del HAC, y cualquier falta grave de estabilidad (segregación) puede detectarse visualmente.

Los tiempos T20 y T40, como ya se ha comentado, no siempre son representativos de la fluidez del hormigón. Además, la medida de dos tiempos tan cortos obliga el uso de dos cronómetros, y está influida significativamente por los criterios y reflejos del operario. Por este motivo, en algunas ocasiones, se ha optado por medir solamente el tiempo que tarda el hormigón en tocar la pared final del canal. (EFNARC. 2002.)

- **Ensayos de la Caja U**

El ensayo de la caja en U, U-Box en inglés, al igual que la Caja L evalúa la habilidad de pasar entre las barras de acero (resistencia al bloqueo), la capacidad de relleno y la resistencia a la segregación pero con un mayor nivel de exigencia en cuanto a la fluidez, es decir, confinado y contra la gravedad (RILEM Technical Committee 174 – SCC).

Se trata de un ensayo fácil de realizar, este método parece ser bastante eficiente para evaluar la habilidad de paso del concreto.

El aparato está compuesto de dos compartimentos verticales separados por una sección armada y una compuerta. El ensayo consiste en llenar el compartimiento alto A con la muestra de concreto, manteniendo la compuerta cerrada. Tras un minuto de reposo se abre la compuerta, que separa los dos compartimentos, dejando que el concreto fluya del compartimiento A al compartimiento B, pasando por la zona armada. Posteriormente se mide la altura final alcanzada por el concreto en el compartimiento B. Los parámetros que se miden son las alturas del concreto en ambos compartimentos.

Los requisitos habituales son: que la diferencia de alturas no supere los 30mm, o que la altura del hormigón en el compartimento B sea mayor de 300mm. (EFNARC. 2002).

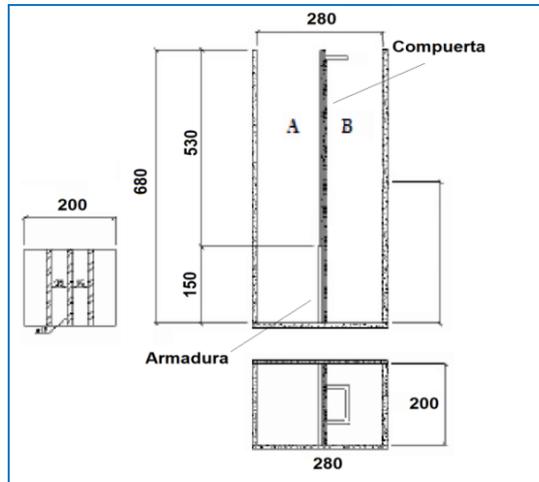


Figura N° 3: Dimensiones de la Caja U

2.2.3.3 Exigencias del Concreto Autocompactante

Como ya se ha visto al comienzo de este apartado, el CAC tiene que cumplir simultáneamente los tres requisitos principales de autocompactibilidad que se evalúan a través de los ensayos descritos anteriormente.

En España, las normas UNE solamente recogen cuatro de los ensayos como ya se ha mencionado y mediante esos ensayos las características de autocompactibilidad se evalúan del siguiente modo:

- ✓ Capacidad de paso: ensayo del embudo en V, caja en L y escurrimiento con anillo japonés.
- ✓ Resistencia a la segregación: la Instrucción EHE-08 estipula que la resistencia a segregación se mida indirectamente a través de los ensayos de escurrimiento y si se quiere de una manera directa se podría realizar con el ensayo de columna o con el tubo-U, aunque son ensayos que no están recogidos en las normas UNE.

Tabla N° 2: Rango admisible de los ensayos normalizados (ECHE-08)

Ensayo	Parámetro medido	Rango Admisible
Esgurrimiento	T50	$T5 \leq 8\text{seg}$
	Df	$550\text{mm} \leq Df \leq 850\text{mm}$
Caja L	C _{bL}	$0.75 \leq C_{bL} \leq 1$

Tabla N° 3: Rango admisible de los ensayos no normalizados (ACHE 2008)

Ensayo	Parámetro medido	Rango Admisible
Caja U	h (altura de relleno)	≥ 300 mm
	Δh (diferencia de altura)	≤ 30 mm

Esta tabla se recoge los rangos recomendados de los ensayos que no están normalizados en la norma española.

Tabla N° 4: Parámetros de los ensayos en estado fresco (EFNARC 2002)

Ensayo	Unidad	Márgenes habituales de valores	
		Min	Max
Escurrimiento	mm	650	800
T50	segundos	2	5
Caja en L	H2/H1	0.8	1.0
Caja en U	(H2-H1) mm	0	30

Estas tablas recogen los rangos recomendados para los diferentes ensayos de estado fresco por la EFNARC.

2.2.4 Ventajas del Concreto Autocompactante

Las ventajas de concreto autocompactante son:

- Reducción de mano de obra y equipos necesarios debido a la elevada trabajabilidad que posee durante su colocación.
- Compactación adecuada del hormigón autocompactante, es decir, se divide los problemas de una vibración inadecuada y es independiente de la formación y experiencia de los operarios.
- Reducción del ruido debido a la eliminación de la vibración.
- Reducción del plazo de ejecución debido a su alta producción.
- Reducción de los riesgos laborales mejorando la salud laboral y el ambiente de trabajo.
- Facilita el hormigonado de estructuras más complejas o densamente armadas creando una mayor disposición de puntos de hormigonado. De esta manera se pueden diseñar elementos arquitectónicos y estructurales más complejos.
- Se mejora los acabados.
- Es más rentable cuando se considera el costo total de la obra.
- En el sector de la prefabricación, además de las ventajas citadas anteriormente, existen otras como el aumento de la vida útil de los moldes debido a la ausencia de vibradores que es el principal factor de desgaste de los mismos, pudiéndose

usar moldes más ligeros y reducción de los gastos de mantenimiento. (Bermejo, 2009)

2.2.5 Aplicaciones de Concreto Autocompactante

El concreto autocompactante se emplea en todo tipo de obras.

Aplicaciones prácticas

➤ Proyectos Internacionales.

Después del desarrollo del prototipo del hormigón autocompactante en 1986, muchas investigaciones fueron llevadas a cabo en diversos lugares, especialmente en los departamentos de investigación de las grandes empresas de construcción. Como resultado de ello, el hormigón autocompactante empezó a ser utilizado en distintos tipos de construcciones, tales como puentes, especialmente en anclajes, arcos, vigas, torres y juntas. También en túneles, edificaciones, tanques, tuberías, etc.

En la actualidad no se puede hablar de una utilización sistemática o exhaustiva del HAC, pero sí existen referencias de aplicaciones pioneras de los mismos, principalmente en Japón, donde se realizaron las primeras experiencias. A continuación, se detallan algunas de las aplicaciones más significativas.

- La primera aplicación importante de hormigón autocompactante se llevó a cabo en el año 1991 en las torres de hormigón pretensado del puente colgante Shin-Kiba Ohashi en Japón (Figura N° 29)
- también se empleó en la construcción del Anclaje del puente Akashi Kaikyo. (Figura N° 30) de 1.991 metros de luz, se utilizaron 290.000m³ de CAC. Con un rendimiento de 1.900 m³/día, lo que supuso una disminución del plazo de ejecución del 20%, reduciendo de 30 a 24 meses.
- En el edificio del Ayuntamiento de Mollet del Vallès (Barcelona), se utilizaron unos 300 m³ de CAC en unos muros fuertemente armados. En este caso, inicialmente el proyecto contemplaba el uso de concreto convencional, si bien se intuía un vaciado dificultoso, y existía riesgo de que no se alcanzaran los recubrimientos requeridos. El tiempo de puesta en obra estaba originalmente previsto en unas 20 horas ininterrumpidas, para evitar juntas frías, lo que hubiera ocasionado severas molestias al encontrarse en un entorno urbano. La aplicación de CAC redujo el tiempo de vaciado hasta poco más de 6 horas (disminución de casi el 70 %) Se consiguió además una evolución de resistencias muy superior a la demandada, permitiendo un postensado con éxito, y con unos acabados satisfactorios. (Imagen N°31). Disponible en

<http://tecnologiahormigon.blogspot.pe/2015/07/primeras-aplicaciones-de-hormigon.html>

- El tanque LNG que pertenece a Osaka Gas Company. La opción de usar el CAC en este proyecto en particular tuvo los siguientes méritos:
 - La altura de cada capa de colocación se incrementó de 3.0 m a 4.5 m.
 - El número de trabajadores se redujo de 150 a 50.
 - El período de construcción de la estructura se redujo de 22 a 18 meses (Imagen N° 32)(<http://tecnologiahormigon.blogspot.pe/2015/07/primeras-aplicaciones-de-hormigon.html>,2015)
- En España, la primera aplicación de hormigón autocompactante fue el arco mixto del puente de la Ronda de la Hispanidad sobre el río Ebro en Zaragoza. Consiste en una estructura de 304 m de un vano central de 120 metros de luz. Se utilizó un hormigón autocompactante, ya que era necesario conseguir un relleno efectivo del arco de sección triangular variable, lo cual hubiera traído serias dificultades de haber utilizado hormigón convencional debido al difícil acceso del vibrador a los distintos sitios. El hormigón autocompactante utilizado tenía una resistencia característica de 50 N/mm² y los aproximadamente 300 m³ de hormigón que constituían el arco del vano central fueron colocados en 5 horas y con un excelente acabado superficial.
(<http://tecnologiahormigon.blogspot.pe/2015/07/primeras-aplicaciones-de-hormigon.html>,2015)

➤ **Proyectos nacionales.**

- En el Perú se construyó el Estadio Nacional debido a la realización de la Copa América, el contratista (HV Contratistas S.A.) necesitaba reparar las graderías altas de occidente y oriente, así como las vigas de peralte invertido de los voladizos del estadio cuyos concretos se encontraban deteriorados por problemas de corrosión. El plazo de entrega de la obra fue de dos semanas por lo que se requería de una mezcla de concreto que sea de fácil colocación debido al espacio reducido para la colocación y a la consecuente imposibilidad de vibrado del concreto tanto en las graderías como en las vigas, de elevadas resistencias iniciales debido al corto plazo de entrega de los trabajos, con propiedades de contracción controlada debido al vaciado de concreto nuevo sobre

el existente y de fragua retardada debido al poco volumen de concreto utilizado para la restauración de las graderías.

Graderías altas de tribuna occidental:

Las mezclas empleadas para cumplir con las solicitaciones del proyecto fueron:

- a) Para las graderías: concreto autocompactable de resistencia a los tres días $f'c = 210\text{kg/cm}^2$, de contracción controlada y con retardante de fragua (fragua inicial ≥ 8 horas) distribuido por Firth (mezcla: M1).
- b) Para las vigas: grout autocompactable de reparación embolsado distribuido por Química Suiza.
- c) Para el concreto de las graderías se utilizó una bomba que descargaba la mezcla en un recipiente ubicado en el centro de gravedad de los trabajos de reparación. Desde este punto la mezcla era transportada en buguis hasta su punto final de descarga.
- d) Esta operación hacía que el vaciado se haga lento por lo que se utilizó retardantes de fragua para la mezcla. (Pérez, 2015).

2.2.6 Propiedades Principales del Concreto Endurecido

2.2.6.1 Resistencia Mecánica a la Compresión (NTP 339.034)

La resistencia a la compresión es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras, se calcula a partir de la carga de rotura dividida entre el área de sección resistente.

En términos generales, la resistencia mecánica que potencialmente puede desarrollar el concreto depende de la resistencia individual de los agregados, la pasta de cemento endurecida. En la práctica, habría que añadir a estos factores el grado de densificación logrando en la mezcla de concreto en la estructura ya que, como ocurre con otros materiales, la proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia mecánica y finalmente la resistencia del conjunto es dictada por la que resulta más débil de los tres. La determinación de la resistencia a la compresión del concreto se efectúa mediante el ensayo hasta de rotura de especímenes representativos, con tres finalidades principales: 1) comprobar si las previsiones que se hacen al diseñar una mezcla de concreto son adecuadas para cumplir con la resistencia de proyecto, 2) controlar la uniformidad de las resistencia y ajustarlas al nivel requerido durante la producción del concreto, 3) verificar la resistencia del concreto como se encuentra en la estructura. (Fava, 2003)

2.2.6.2 Resistencia a la flexión (NTP 339.079)

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas, se expresa como el módulo de rotura y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78.

2.2.6.3 Módulo De Elasticidad (NORMA ASTM C 469)

Se define módulo de elasticidad como la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria en el rango elástico de la curva esfuerzo-deformación del concreto.

En general se puede decir que el módulo de elasticidad del concreto autocompactante es menor respecto al del convencional, según investigaciones como la que estudió cinco mezclas de concreto autocompactante y una de concreto convencional y confirmaron que el módulo de elasticidad disminuye con el aumento del volumen de pasta, pero las diferencias no fueron importantes (Chopin et al. 2003).

Para Concretos de Peso Normal (aproximadamente 2,300 kg/m³) el reglamento nacional de edificaciones RNE E-060 permiten estimar el módulo de elasticidad mediante: $E_c = 15,000 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm²). También se puede calcular a través de la gráfica esfuerzo vs deformación, teniendo en cuenta que el concreto tiene un comportamiento elástico (donde el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación) plástico y que el límite elástico se encuentra donde el esfuerzo produce una deformación plástica prefijado de 0.002.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

- **Aditivo superplastificante:** Es un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente su asentamiento. [ASTM C - 494]
- **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. [NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013]
- **Agregado grueso:** Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de roca. [NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013]

- **Cemento Portland:** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. [NTP 400.017- 2011]
- **Contenido de aire:** Volumen total de vacíos de aire, sea incluido o atrapado, en la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto). El aire incluido aumenta la durabilidad del mortero u hormigón (concreto) endurecido sometido a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas. [NTP 339.047-2006]
- **Curado:** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). [NTP 339.047-2006]
- **Curva granulométrica:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. [NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013]
- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. [NTP 339.047-2006]
- **Ensayo de asentamiento:** Medida de la consistencia del mortero u hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa del pasión, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado. [NTP 339.047-2006]
- **Fraguado:** Condición alcanzada por una pasta, mortero u hormigón (concreto) de cemento cuando ha perdido plasticidad a un grado convencional, generalmente medido en términos de resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidez; fraguado final se refiere a la adquisición de una rigidez significativa. [NTP 339.047-2006]
- **Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. [NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013]

- **Módulo de elasticidad:** Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young o módulo Young de elasticidad, designado por el símbolo E. [NTP 339.047-2006]
- **Módulo de finura (MF):** Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. [NTP 400.011-2008 - Revisada el 2013]
- **Módulo de Finura de la Combinación de Agregados:** Método de diseño de mezcla empleado para determinar las proporciones de los componentes del concreto.
- **Rendimiento:** Volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos). [NTP 339.047-2006]
- **Segregación:** Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), resultando en una mezcla sin uniformidad. [NTP 339.047-2006]
- **Resistencia a la abrasión:** Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste. [NTP 400.019-2002]
- **Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. [NTP 339.034-2008 - Revisada el 2013]
- **Trabajabilidad:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque fresco, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. [NTP 339.047-2006]

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”, en el edificio 1C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N°1050, entre los meses de Junio de 2016 a Noviembre de 2016, con seis (06) meses consecutivos.

Tabla N° 5: Ubicación Geográfica de la Investigación

Coordenadas Geográficas (grados, minutos, segundos)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 10' 2.09" S	78° 29 '43.48" W	779656.96	92077557.64

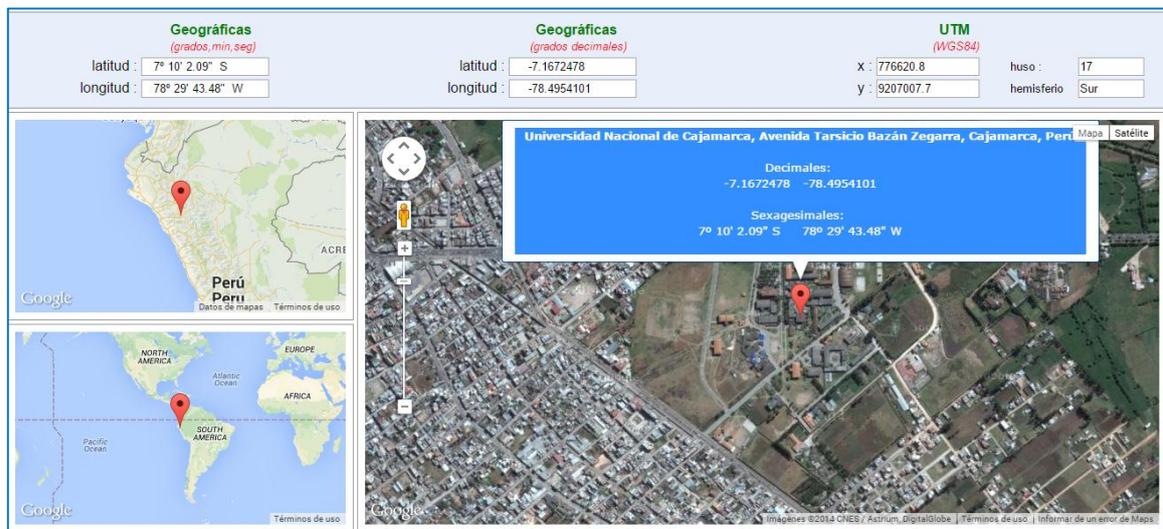


Figura N° 4: Fotografía satelital de la ubicación del estudio

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Tipo

El tipo de investigación de esta tesis fue aplicada, con un nivel correlacional.

3.2.2 Diseño

Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental, con un solo factor de control modificable, el cual fue la adición del aditivo Glenium C313.

3.2.3 Muestra

Se tomara como muestra 225 especímenes de concreto, distribuidos de la siguiente manera: 150 especímenes cilíndricos que fueron sometidos a resistencia mecánica a la

compresión y 75 especímenes prismáticos que fueron sometidos a la resistencia mecánica a la flexión.

3.2.4 Unidad de análisis

Las probetas prismáticas y cilíndricas, de concreto simple y con aditivo Glenium C 313.

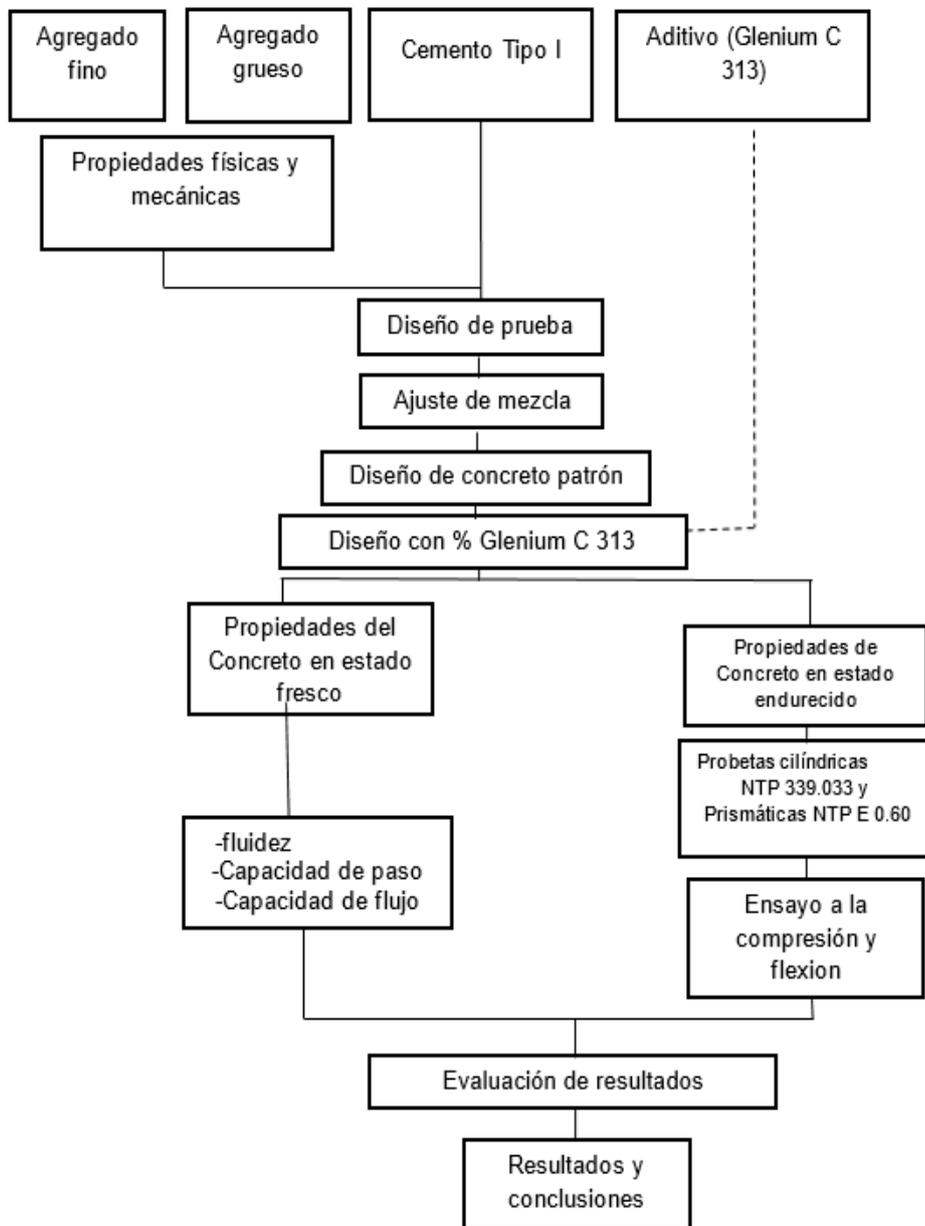


Figura N° 5: Diagrama del circuito experimental para la evolución de concreto autocompactante.

3.3. CANTERA

3.3.1 Ubicación

La cantera se encuentra situada en las riveras del río Chonta (margen izquierda) aproximadamente a 01 km de la Plaza de Armas del distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Esta cantera se encuentra constituida de diversos tipos de rocas, en su mayoría de calizas, areniscas, traquitas, etc.

Tabla N° 6: Ubicación geográfica de la cantera "Roca Fuerte"

Coordenadas Geográficas (grados, minutos, segundos)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 9' 43.66" S	78° 28' 4.68" W	776620.8	9207007.7

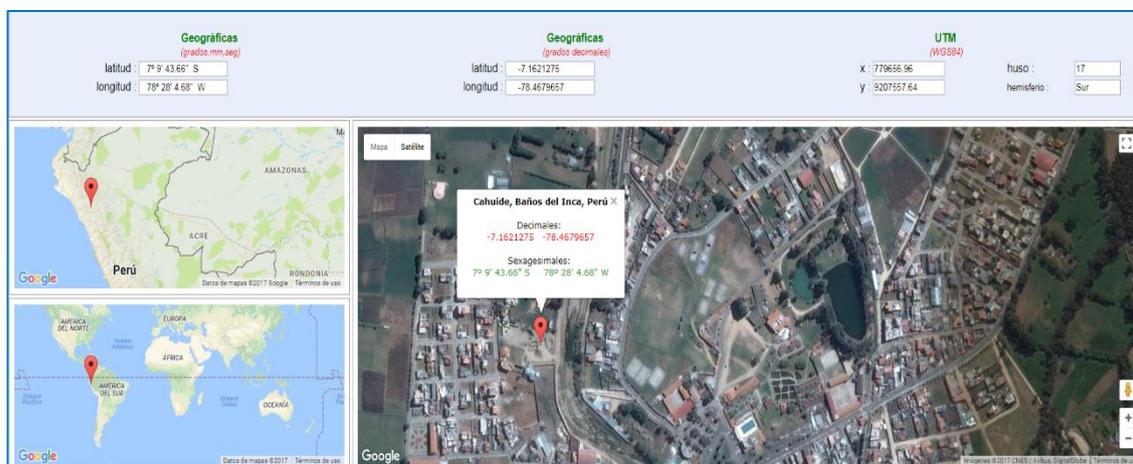


Figura N° 6: Fotografía satelital de la ubicación de la planta de chancado – Roca Fuerte

3.3.2 Extracción y preparación de muestras para ensayos

Para la obtención del agregado fino y grueso de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la NTP 400.010-2011, en concordancia con la Norma ASTM D75, donde se describe la obtención de agregados almacenados. En general, las cantidades indicadas se proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en ASTM C 702 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables.

3.4. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL AGREGADO.

3.4.1 Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados

Los agregados representan en el concreto alrededor del 60% del volumen del mismo, es así que la determinación de sus propiedades y características es muy importante para la obtención de un concreto de alta calidad y de las características de los agregados depende la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, así como su comportamiento estructural de los elementos estructurales fabricados con estos materiales.

El estudio de las características físico-mecánicas de los agregados para el diseño de mezclas de concreto es indispensable para la obtención de concretos cuya calidad sea la adecuada. Para la verificación de las propiedades de los agregados es necesario que estos sean regidos en los parámetros establecidos en la norma NTP o sus equivalentes en normas internacionales como la ASTM.

3.4.2 Extracción y preparación de muestras para ensayos

Para la obtención del agregado fino y grueso de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la NTP 400.010-2011, en concordancia con la Norma ASTM D75, donde se describe la obtención de agregados almacenados en pilas.

- **Obtención de la muestra desde pilas de acopio o unidades de transporte:**

De ser posible evitar la toma de muestras de agregado grueso o agregado mezcla gruesa y fina de las reservas de unidades de transporte, particularmente la muestra es realizada para el propósito de la determinación de las propiedades del agregado que puedan depender de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario obtener muestras de agregado grueso o agregado mezcla gruesa y fina de las reservas de unidades de transporte, designar un plan de muestreo para este caso específico, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos, de aceptar esta situación particular. El plan de muestreo definirá el número de muestras necesarias para representar los lotes o sub-lotes de medidas específicas. Los principios generales para el muestreo de depósitos, son aplicables a muestreo de camiones, vagones, barcazas u otras unidades de transporte.

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos

Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser

previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos apropiadamente. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo específico. En general, las cantidades indicadas en la Tabla N° 11 proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en ASTM C 702 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables

Tabla N° 7: Porción de muestra requerida para los ensayos de laboratorio

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, mín. Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen mín. L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [N° 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50.0 mm [2 in.]	110 [220]	80 [21]
63.0 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75.0 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90.0 mm [3 1/2 in.]	175 [385]	140 [37]

Fuente: NTP 400.010-2011

3.4.3 Análisis Granulométrico.

Este análisis se realizó para determinar la distribución aproximada de las partículas de los agregados. Para desarrollar el ensayo se deben reducir las muestras hasta tamaños apropiados para la prueba. Los procedimientos son descritos en la norma NTP 400.012, también en la ASTM C 136.

3.4.3.1 Expresión de los resultados. (Ver anexo II).

- **Módulo de finura para el agregado fino. (Ver anexo II).**

$$MF = \frac{\sum \%Ret.acum(N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4)}{100} \dots\dots\dots(1)$$

- **Módulo de finura para el Agregado Grueso. (Ver anexos II).**

$$MG = \frac{\Sigma \% Ret. acum \left(N^{\circ} 4, 3/4", 3/8", 1\frac{1}{2}" \right) + 500}{100} \dots\dots\dots(2)$$

- **Tamaño máximo del agregado grueso**

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

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

- **Tamaño máximo nominal del agregado grueso**

De acuerdo a la NTP 400.037 es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. La NTP 400.010 nos indica que el tamaño máximo nominal del agregado es igual a un tamaño mayor que el primer tamiz que retiene más que el 10% del agregado.

3.4.4 Material Más Fino Que El Tamiz N°200.

Los agregados deben cumplir lo establecido por la norma NTP 400.037 o la ASTM C33, también lo descrito en la NTP 400.018, para ello se obtendrá una muestra del tamaño apropiado según la siguiente tabla:

tabla N° 8: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al Tamiz N°200

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima(g)
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Fuente: NTP 400.018-2013

Procedimiento del ensayo: El ensayo consistió en lavar la muestra de agregado y pasar el agua del lavado por el tamiz N° 200 (75 μm), la pérdida de masa resultante de lavado

se calculó como el porcentaje de la muestra original y fue expresada como la cantidad de material que pasa el tamiz N° 200.

3.4.4.1 Expresión de los resultados. (Ver anexo II).

$$F = \frac{(W_0 - W_1)}{W_0} * 100 \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

- F = Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 por vía húmeda.
- W₀ = Peso seco de la muestra original (en g).
- W₁ = Peso Seco de la muestra después del lavado (en g).

3.4.5 Densidad Relativa Y Absorción

Este ensayo tiene por finalidad establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso y fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado tanto grueso como fino.

Según las normas NTP 400.021 y ASTM C 127 para el agregado grueso y la NTP 400.022 y ASTM C 128 para el agregado fino.

• Para el agregado fino:

Materiales: Balanza con sensibilidad de 0.1 gr y capacidad no menor de 1 kg, frasco volumétrico, cuya capacidad sea 500 cm³, calibrado hasta 0.10 cm³ a 20°C, molde cónico metálico de diámetro menor 4 cm, de diámetro mayor 9 cm y altura 1.5 cm, varilla de metal con un extremo redondeado, de (25±3) mm de diámetro y (340±15) gr de peso.

Preparación de la muestra: Se seleccionó por cuarteo 1000g, se colocó en un envase y se puso a secar en la estufa hasta la temperatura de 110°C, se retiró la muestra y se cubrió con agua y se dejó en reposo por 24 horas, se extendió en una superficie plana de aire tibio y se removió con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continuó esta operación hasta que los granos de agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí, luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levantando verticalmente el molde, hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, indicando que el agregado fino alcanzó una condición de saturado con superficie seca.

Procedimiento: Se introdujo 500g del material preparado, y se llenó de agua hasta alcanzar casi la marca de 500, se eliminó las burbujas de aire, se llenó con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco, se sacó el agregado fino del frasco, se secó hasta una temperatura de 110°C y se determinó su peso. Finalmente se llenó el picnómetro hasta la marca de calibración con agua y se determinó su peso.

3.4.5.1 Expresión de los resultados. (Ver anexo II)

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{W_o}{V-V_a} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Peso específico sss} = \frac{500}{V-V_a} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{W_o}{(V-V_a)-(500-W_o)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Absorción} = \frac{500-W_o}{W_o} * 100 \quad \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

W_o: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

V: Volumen del frasco (cm³)

V_a: peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco.

- **Para el agregado grueso.**

Materiales: Balanza con sensibilidad de 0.5 gr y capacidad no menor de 5 kg, cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3.35 mm (N°), depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua, estufa capaz de mantener una temperatura de 110°C±5°C, termómetro con aproximación de 0.5°C.

Preparación de la muestra: Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante hasta una temperatura de 110°C, y luego se sumergió en agua durante 24 horas, se sacó la muestra del agua y se la hizo rodar sobre un paño absorbente. Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca, después de pesar se colocó la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre, y se determinó su peso en agua, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de 110°C, se dejó enfriar y se determinó su peso.

Procedimiento: Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca, después de pesar se colocó la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre, y se determinó su peso en agua, se secó la muestra hasta peso contante a una temperatura de 110°C, se dejó enfriar y se determinó su peso.

3.4.5.2 Expresión de los resultados. (Ver anexo II)

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B-C} \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Peso específico sss} = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Absorción} = \frac{B-A}{A} * 100 \dots\dots\dots(11)$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)

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

3.4.6 Contenido de Humedad.

Es la cantidad de agua que contiene un material (agregado) en su estado natural. Se puede expresar en porcentaje de contenido sobre la muestra seca. (Norma: ASTM C 566, NTP 339.185)

Materiales y equipo: Balanza con sensibilidad de 0.1g y cuya capacidad no sea menor de 1kg, recipiente adecuado para colocar la muestra de ensayo, estufa a temperatura de 105°C – 110°C.

Procedimiento: Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda), se llevó el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110°C, se pesó el recipiente con la muestra seca (peso recipiente más muestra seca) y se determinó la cantidad de agua evaporada

3.4.6.1 Expresión de los resultados (Ver anexo II).

$$W = \frac{(MH-MS)*100}{MS} \dots\dots\dots(12)$$

MH = peso de la muestra húmeda.

MS = peso de la muestra seca.

W = porcentaje de humedad.

3.4.7 Peso unitario volumétrico

El siguiente ensayo tiene por finalidad establecer la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) de los agregados en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño máximo.

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.017 en correspondencia con la ASTM C 29.

Tabla N° 9: Capacidad de los recipientes para ensayos de densidad de masa

Tamaño nominal máximo del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	m ³ (l)	p ³
12.5	1/2	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½	0.0140 (14)	1/2
75	3	0.0280 (28)	1
100	4	0.0700 (70)	2 ½
125	5	0.1000 (100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017-2011

Materiales y equipo: Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1 % del peso de la muestra, barra compactadora de acero liso circular recta de 5/8" de diámetro y 60 cm de largo, recipiente cilíndrico y de metal suficiente rígido para condiciones duras de trabajo.

El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro. La capacidad del recipiente estará de conformidad con los límites del siguiente cuadro:

Procedimiento:

a) Para el peso unitario volumétrico suelto

- Se llenó el recipiente hasta el reboce con un cucharón, descargando el agregado desde una altura aproximada de 50 mm encima del borde superior del mismo. Se Niveló la superficie del agregado con la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

b) Para el peso unitario volumétrico compactado

- Se llenó el recipiente a 1/3 del total y se niveló la superficie con los dedos. Se apisonó la capa del agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Se llenó el recipiente a los 2/3 del total y se repitió el proceso anterior, finalmente se llenó el molde a sobre-volumen y se apisonó nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Se niveló la superficie del agregado con los dedos y la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente quedó equilibrada con los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- En el apisonado de la primera capa, se procuró no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la segunda y tercera capas, se usó un esfuerzo vigoroso, pero no mayor del que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.
- Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

3.4.7.1 Expresión de los resultados (Ver anexo II).

a. Densidad del agua:

Calcular como sigue:

$$D = \frac{P_1 - P_2}{V} \quad \dots\dots\dots(13)$$

Donde:

D = Densidad del agua para la temperatura trabajada, kg/m³

P₁ = Masa del picnómetro y agua, kg

P₂ = Masa del picnómetro, kg

V = Volumen del picnómetro hasta la línea de calibración, m³.

b. Volumen y Factor del recipiente: Calcular el volumen del recipiente como sigue:

$$V = \frac{(W-M)}{D} \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$F = \frac{D}{(W-M)} \quad \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

W = Masa del agua, placa de vidrio y recipiente, kg

M = Masa de placa de vidrio y recipiente, kg

D = Densidad del agua para la temperatura trabajada, kg/m³

c. Densidad de masa: Calcular la densidad de masa por los procedimientos de apisonado o peso suelto como sigue.

$$PU = \frac{(G-T)}{V} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$PU = (G - T) \times F \quad \dots\dots\dots(17)$$

Donde:

PU = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente y agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

d. Contenido de vacíos: Calcular el contenido de vacíos en el agregado usando la densidad de masa determinada por cualquiera de los procedimientos descritos como sigue:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{\{(S \times W) - M\}}{(S \times V)} \times 100 \quad \dots\dots\dots(18)$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

S = Gravedad específica de masa de conformidad con el método NTP 400.021 o NTP 400.022 como corresponda

W = Densidad del agua, kg/m³

3.4.8 Resistencia al desgaste o abrasión del agregado:

Este ensayo tiene por finalidad el cálculo del desgaste del agregado grueso, para ello y de acuerdo a la granulometría se empleará el método descrito en la NTP 400.019 o su equivalente la ASTM C 131.

Tabla N° 10: Muestra requerida para ensayo de abrasión

Tamices		Peso de los tamaños indicados (gr.)			
Pasa	Retiene	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"	1/4"	---	---	2500 ± 10	---
1/4"	N° 4	---	---	2500 ± 10	---
N° 4	N° 8	---	---	---	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019-2002

Equipo: La máquina de los ángeles, balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra requerida para el ensayo, estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C, tamices que cumplan con la NTP 350.001 según el requerimiento del tipo de abrasión.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada uno con un peso entre 390 y 445gr.

Preparación de la muestra: La muestra de ensayo estuvo constituida por agregado limpio representativo del material a ensayar, libre de partículas menores al tamiz N° 12 y secada en una estufa a 110°C, hasta un peso aproximadamente constante.

Procedimiento: Se colocó la muestra de ensayo de acuerdo al peso establecido por la NTP 400.019 seleccionada de acuerdo a los pesos retenidos en las mallas como lo especifica la norma, haciendo un total de 5000g y la carga abrasiva para una gradación B, en la máquina de los ángeles que gira a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones. Cuando terminó las revoluciones se descargó el material y se lavó por el

tamiz N°12, luego se secó este retenido lavado en el horno a una temperatura de 110 °C por un espacio de 24 horas. Secada la muestra se procedió a pesarla, obteniéndose así un valor que será remplazado en la fórmula para obtener el resultado de la abrasión.

3.4.8.1 Expresión de los resultados (Ver anexo II).

El porcentaje de desgaste, está dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Abrasión} = \frac{(W_o - W_f) * 100}{W_o} \dots\dots\dots(19)$$

Donde:

W_o: Peso original de la muestra antes de ensayar (gr).

W_f: Peso final de la muestra después del ensayo (gr)

Una vez concluida con la determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados, se procedió al diseño de mezclas.

Tablan•11: ensayos -normas

ENSAYO	NORMA
Análisis granulométrico Tamaño máximo y máximo nominal de los agregados (la cual se determina en el ensayo de granulometría)	Norma: ASTM C 136, NTP 400,037
Módulo de finura	Norma ASTM C 125, ASTM C 136, NTP 334.045
Peso específico y absorción para el agregado fino	Norma ASTM C 127, NTP 400.021
Peso específico y absorción para el agregado grueso	Norma ASTM C 128, NTP 400.022
Contenido de humedad	Norma: ASTM C 566, NTP 339.185
Resistencia a la abrasión	Norma: ASTM C 131, NTP 400.019400.020
Peso unitario del agregado	Norma ASTM C 29, NTP 400.017

3.5 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

El cemento que se empleó para elaborar las dosificaciones de estudio, fue Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales. Que cumple con los requisitos de las normas técnicas **NTP 334.009 y ASTM C 150**.

En el **ANEXO IV** se presenta la ficha técnica del Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.6 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, esta agua es extraída de pozos subterráneos, cumple con los límites máximos y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el **DS N9 031-2010-SA**; cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma **NTP 339.088**.

3.7 CARACTERÍSTICAS DEL ADITIVO GLENIUM C 313

Es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

3.7.1 Ventajas

- Gran poder fluidificante.
- Gran versatilidad de efecto según la dosificación empleada, obteniendo rendimientos de superfluidificantes normal hasta rendimientos de superfluidificantes de alto rango con solo incrementar la dosificación.
- Muy buen mantenimiento de la consistencia, incluso con áridos absorbentes y cementos rápidos.
- No provoca retrasos de fraguado.
- Mejora la impermeabilidad del hormigón.
- Incrementa la durabilidad

3.7.2 Dosificación

La dosificación habitual de Glenium C 313 es de 0.5 a 2.5 % sobre peso de cemento. Estas dosificaciones pueden ampliarse o reducirse en función de las necesidades de fluidificación, reducción de agua y resistencias iniciales y finales deseadas. Se

recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima.

3.8 DISEÑO DE MEZCLAS

3.8.1 Procediendo para el diseño de mezclas

Este método de diseño considera las tablas empleadas por el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados.

1. Selección de la resistencia promedio (f'_{cr})
2. Selección del asentamiento.
3. Selección de Volumen Unitario del agua de diseño
4. Selección del contenido de aire.
5. Selección de la Relación Agua /Cemento por resistencia
6. Factor Cemento.
7. Calculo del volumen absoluto de la pasta.
8. Calculo del volumen absoluto del agregado
9. Calculo del módulo de fineza de la combinación de agregados.
10. Calculo de los Volúmenes absoluto del agregado.
11. Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso

Cemento	=	512.36 kg/m ³
Agua de diseño	=	228.00 lt/m ³
Agregado fino	=	816.51 kg/m ³
Agregado grueso	=	694.20 kg/m ³
Aire atrapado	=	2.5%

3.8.2 Procedimiento para la Elaboración de la Mezcla de Prueba.

Para la mezcla de prueba se consideró la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto patrón para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el que define la resistencia especificada (300 Kg/m²).

Luego de la corrección por humedad de los áridos, los pesos de los materiales por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba fueron los siguientes:

- **Cemento** : 512.36 Kg/m³
- **Agregado fino húm** : 844.60 Kg/m³
- **Agregado grueso húm** : 968.10 Kg/m³
- **Agua Efectiva** : 213.60 lt/m³

3.8.3 Elaboración del Ajuste de mezcla.

El diseño de mezcla que mencionamos sirve para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permiten conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que no se detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas.

Por esto es necesario comprobar las cantidades teóricas por medio de mezclas de prueba. A dicha mezcla se le verifica el peso unitario, cantidad de agua añadida, Slump o asentamiento, el rendimiento volumétrico del concreto, así como el contenido de aire y la resistencia a compresión de los especímenes de concreto a los 28 días. También se debe observar que el concreto tenga la trabajabilidad y el acabado adecuado y que no se presente exudación ni segregación. De acuerdo a ello, se puede llevar a cabo los ajustes pertinentes con las proporciones de las mezclas subsecuentes siguiendo el procedimiento sugerido que se indica a continuación:

- **Agua de mezclado:** La cantidad de agua de mezclado estimada para obtener el mismo asentamiento que las tandas de prueba, deberá ser igual al volumen neto del agua de mezclado empleado dividido entre el rendimiento de la mezcla de ensayo expresado en metros cúbicos.
- **Corrección por asentamiento:** La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto deberá ser incrementada en dos (02) litros por cada incremento de 1 cm de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado.
- **Corrección por contenido de aire:** Para ajustar la mezcla a fin de compensar los efectos de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba con aire incorporado, reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 litros por metro cúbico por cada 1 % en el cual, el contenido de aire se incrementa o disminuye en relación con el de la mezcla de ensayo.

- **Corrección por apariencia de la mezcla:** cuando la mezcla tiene la apariencia sobregravosa el volumen del agregado grueso por metro cubico deberá disminuirse en un 10 - 15 %, si tiene apariencia sobrearenosa se aumentara el 10 - 15 % del agregado grueso. Las proporciones de los agregados se calculara respecto al “*rf*”; porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.
- **Peso unitario:** Si la base del proporcionamiento de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto ha sido el peso estimado por metro cúbico del concreto fresco, el peso unitario recalculado del concreto fresco a ser empleado para efectuar el ajuste de las mezclas de prueba será igual al peso unitario medido en la tanda de ensayo, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución en el contenido de aire de la tanda ajustada de la primera mezcla de prueba.
- **Corrección por resistencia:** Como se obtuvieron especímenes cuya resistencia promedio ensayada a los 7 días está por debajo o por encima del 73% de la resistencia requerida $f'c$ (como corresponde a concretos de alta resistencia según Rivva López E.), se reajustó la relación agua/cemento debido a la hidratación del concreto como sigue, considerando que la resistencia a los 28 días fue considerada como 1.37 veces la resistencia a los 7 días, para esto se utilizó la Ley de Powers:

$$R = 2380 * X^3 \quad ; \quad X = \frac{(0.647*\alpha)}{(0.319*\alpha+a/c)} \quad \dots\dots\dots(20)$$

Dónde:

- R** = Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²).
- X** = Relación Gel / Espacio.
- α** = Grado de hidratación.
- a/c** = Relación agua/cemento

Los materiales de diseño luego de realizar todas las correcciones (Ajuste de Mezcla) del concreto normal o patrón (sin adición del aditivo) por metro cúbico, fueron los siguientes:

- **Cemento** : 555.24/ Kg/m³
- **Agregado fino** : 821.10 Kg/m³
- **Agregado grueso** : 594.10 Kg/m³
- **Agua Efectiva** : 249.86 lt/m³

3.8.4 Materiales de diseño para un metro cúbico de concreto

Con el 15% de reducción de agua de mezcla se realizaron las 4 dosificaciones del aditivo en función al peso del cemento para la elaboración de las probetas a compresión y flexión.

- Primero se realizó el diseño de mezcla de prueba utilizando las tablas empleadas con el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados.
- A dicha mezcla se le verifica el peso unitario, cantidad de agua añadida, Slump o asentamiento, el rendimiento volumétrico del concreto, así como el contenido de aire y la resistencia a compresión de los especímenes ya que este parámetro es el definido por la resistencia especificada. También se debe observar que el concreto tenga la trabajabilidad y el acabado adecuado y que no se presente exudación ni segregación.
- Una vez corregida esta la mezcla con los ajustes, se le adiciono los diferentes porcentajes de aditivo en función al peso del cemento.
- En la siguiente tabla se muestra las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto, donde se observa que las cantidades en pesos de los agregados es la misma para todas las mezclas, ya que el porcentaje del aditivo en función del cemento es muy pequeña para hacer variar dichos pesos.

Tabla N° 12: Materiales de diseño para un metro cúbico de concreto-con diferentes porcentajes de aditivo

MEZCLA	CONCRETO PATRÓN	D-1 (0.5% del peso del cemento)	D-2 (1 % del peso del cemento)	D-3 (1.5% del peso del cemento)	D-4 (2% del peso del cemento)
CEMENTO	555.24 Kg	433.43 Kg	433.43 Kg	433.43 Kg	433.43 Kg
A. FINO	821.10 Kg	937.75 Kg	937.75 Kg	937.75 Kg	937.75 Kg
A. GRUESO	594.61 Kg	678.08 Kg	678.08 Kg	678.08 Kg	678.08 Kg
AGUA	249.86 L/m3	210.32 L/m3	208.25 L/m3	206.19 L/m3	204.13 L/m3
ADITIVO GLENIUM C313	-----	2.17 L/m3	4.33 L/m3	6.50 L/m3	8.67L/m3

3.9 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según la NTP 339.183. Para lo cual se confecciono especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos.

- Para pruebas de compresión, (probetas cilíndrica graduada de 4 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de alto). Norma ASTM C31/C 31M- 03a.
- Flexión (probeta prismática graduada de 15 cm de arista y 50 cm de largo), Norma ASTM C31/C 31M- 03a.

El equipo utilizado para la confección de los especímenes de concreto tanto cilíndricos como prismáticos fue:

- Balanza con capacidad aproximada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales (baldes de aceites de 18 litros y balde transparente graduado para el agua).
- Probetas:
 - Cilíndrica; graduada de 4" de diámetro y 8" de alto.
 - Prismática; graduada de 15 cm de arista y 50 cm de largo.
- Herramientas: palanas, badilejo, cucharón, enrasador, carretilla.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento o Slump.
- Mezcladora de concreto de 11 pies 3.
- Comba de goma.
- Recipiente graduado para determinar el Peso Unitario del concreto fresco.

El procedimiento detallado de la confección de los hormigones se describe a continuación:

- a) Pesar los agregados separadamente (agregado grueso y agregado fino) en estado húmedo.
- b) Homogenizar separadamente los dos agregados mediante una palana, para que así ellos presenten un estado de humedad uniforme.
- c) Tomar muestras de los agregados pesados y determinar su contenido de humedad en ese momento.
- d) Corregir por humedad el peso de los agregados y del agua.
- e) Pesar el cemento, agua total (corregida por humedad de los agregados)
- f) Preparar la mezcladora, humedeciéndola antes de cargar los materiales.
- g) Cargar el agregado grueso y el agregado fino en la mezcladora, agregando una fracción del agua total (un 25% aproximadamente).

- h) Revolver los agregados durante 30 segundos para humedecerlos completamente.
- i) Cargar el cemento en la mezcladora.
- j) Agregar un 25 % de agua mezclada con el aditivo (Glenium C 313), y al agua restante adicionar lentamente tomando en cuenta la consistencia de la mezcla.
- k) Amasar los materiales durante 3 minutos.
- l) Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que no quede material sin mezclar adherido al fondo y en las paredes de la mezcladora).
- m) Amasar durante otros 2 minutos.
- n) Descargar en carretillas, previamente humedecidas para evitar que estas consuman el agua de la mezcla.
- o) Una vez amasados todos los hormigones, medir la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams.
- p) Determinar el peso unitario del concreto fresco.
- q) Poner la tanda de concreto en las probetas (cilíndricas o prismáticas según sea el caso) correspondientes para los ensayos planificados del concreto.
- r) Determinar el peso unitario volumétrico del concreto fresco.
- s) Poner la tanda del concreto en las probetas (cilíndricas y prismáticas según sea el caso) correspondientes para los ensayos planificados del concreto.

La faena de confección del hormigón requiere la participación de por lo menos 3 personas. Todo el proceso de mezclado del concreto con los distintos porcentajes del aditivo requiere un tiempo aproximado de 30 minutos por tanda de mezclado. La medición de la trabajabilidad o Slump y el moldeo de las probetas requieren a su vez de otros 15 minutos, este tiempo varían según el tipo de probeta que se esté confeccionando siendo para cada caso:

- t) El curado de los especímenes cilíndricos de concreto se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183 – 2013.

3.10 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

3.10.1 Asentamiento (NTP 339.035)

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.035 – ASTM C 143. El método de determinación empleado, es el ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump" (Norma NTP 339.035 ó ASTM C143) que define la consistencia de la mezcla por el

asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm)

3.10.2 Extensión de Flujo

Materiales

- Mezcla de concreto autocompactante (6 litros aproximadamente).

Equipo

- Cono de Abrams
- Placa cuadrada de acero de por lo menos 700x700 mm, marcada con un círculo que indica la ubicación del cono de Abrams y otro círculo concéntrico de 500 mm de diámetro.
- Regla, cinta métrica o wincha-cronometro

Metodología

- Primero se humedeció placa de acero y el interior del cono de Abrams.
- Luego se colocó plancha sobre un terreno uniforme y estable y se colocó el cono de Abrams en el centro de dicha placa y manteniéndolo sujeto hacia abajo con firmeza.
- Después se llenó el cono con ayuda de una pala sin necesidad de compactarlo, tan sólo se niveló el concreto de la parte superior del cono con una llana.
- Una vez quitado el concreto sobrante de alrededor de la base del cono se eleva el cono verticalmente y permitiendo que el concreto fluya hacia al exterior libremente.
- De manera simultánea, inició el cronómetro para registrar el tiempo que requiere el concreto autocompactante para alcanzar el círculo de 500 mm. (Éste es el período T50.)
- Luego se procedió a medir el diámetro final del concreto en dos direcciones perpendiculares (para calcular el diámetro promedio).

3.10.3 Ensayo de Caja L

Materiales

- Mezcla de concreto autocompactante (14 litros aproximadamente).

Equipo

- Caja en L de un material rígido no absorbente.
- Cronómetro

Metodología

- Se coloca la Caja L sobre terreno firme y uniforme; y se verificó que la compuerta deslizante puede moverse con libertad dejándola cerrada.
- Se humedeció las superficies interiores de la caja L y se eliminó el excedente.
- Luego se procedió al llenado de la sección vertical de la caja con la mezcla de concreto.
- Después de reposar la mezcla durante 1 minuto, se elevó la compuerta deslizante dejándola fluir hacia la sección horizontal. De manera simultánea, activó el cronómetro para registrar los tiempos que requiere el concreto para alcanzar las marcas de 200 y de 400 mm (según las Directrices Europeas ya no son necesarias).
- Cuando el concreto dejó fluir, se midió las alturas “H1” cerca de la sección vertical y “H2” al otro extremo de la sección vertical, para su posterior cálculo de la relación de bloqueo (H2/H1).

3.10.4 Ensayo caja U

Materiales

- Mezcla de concreto autocompactante (20 litros aproximadamente).

Equipo

- Caja en U de un material rígido no absorbente.
- Pala
- Cronómetro

Metodología

- Se inicia colocando la caja sobre terreno firme y uniforme; y asegurándonos de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad, para luego cerrarla.
- Se humedeció las superficies interiores de la caja, eliminando el sobrante.
- Luego se llenó una sección de la caja con la muestra de concreto y después lo dejamos reposar durante 1 minuto.
- Pasado el tiempo de reposo se elevó la compuerta deslizante y se dejó que fluya la mezcla hacia el otro compartimiento.

- Después de dejar reposar el concreto, midió la altura del mismo en el compartimiento que se ha llenado, en dos lugares, y calculó la media (H1). Luego se midió también la altura en el otro compartimiento (H2). Con estos datos se calculó la altura de llenado (Calcule $H1 - H2$).

3.10.5 Peso volumétrico unitario (NTP 339.046)

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.046 – Revisada el 2013 – ASTM C 138**.

Según Norma éste ensayo consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del concreto.

3.11 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

3.11.1 Resistencia a la compresión

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en las normas **NTP 339.034 - Revisada el 2013 – ASTM C 39**, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto en la presente tesis se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto tanto patrón como con las diferentes adiciones de aditivo y su evolución en el tiempo.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

- Para la identificación de los especímenes se los numero, porcentaje de la adición del aditivo (Concreto Patrón, Concreto más Glenium C 313, D-1, D-2, D-3, D-4), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen.
- Se midió los diámetros de las bases y la altura, las cuales se midieron con vernier con aproximación de 0.01mm, se determinó la masa de la probeta aproximadamente.
- Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen.

Equipo

- Máquina de compresión
- Cronometro
- Deflectometro
- Vernier
- Balanza

Expresión de Resultados

Se calcula la resistencia a la compresión del hormigón mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(21)$$

Donde:

R_c = resistencia a compresión (Kg/cm²).

A = area resietnte (cm²).

P = carga máxima (Kg).

a) **Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto:** Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según el siguiente gráfico, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

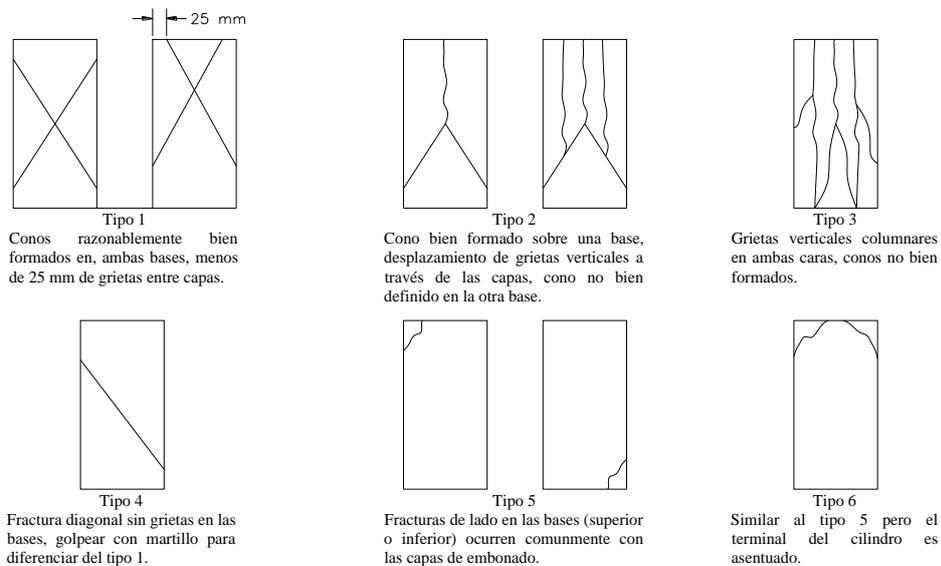


Figura N° 7: Tipos de fractura que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.

3.11.2 Resistencia a la flexión

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.079** ó **ASTM C293**, las presentes normas establece un procedimiento para determinar la resistencia a flexión de los especímenes de concreto.

La resistencia a la flexión del concreto en la presente tesis se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto tanto patrón como con las diferentes adiciones de aditivo y su evolución en el tiempo.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

- Para la identificación de los especímenes se los numero, porcentaje de la adición del aditivo (Concreto Patrón, Concreto más adición del aditivo Glenium C 313, D-1, D-2, D-3, D-4), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen.
- Se midió las aristas de las dos caras laterales de la probeta, se midió las longitudes de los lados de la probeta prismática.
- Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen.

Equipo

- Máquina de compresión
- Cronometro
- Deflectometro
- Vernier
- Wincha
- Balanza

Expresión de Resultados

Si la fractura de la probeta se produce en el tercio central de la luz de ensayo, se calcula la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{3(P * L)}{2(b * h^2)} \dots\dots\dots(22)$$

Donde:

R = Tensión de rotura (Kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kg).

L = Luz de ensayo de la probeta (cm).

b = Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura (cm).

h = Altura promedio de la probeta en la sección de rotura (cm).

La carga **P** aplicada en el centro de la luz

$$L > 3 h \quad \dots\dots\dots(23)$$

Donde:

L = luz de ensayo;

h = altura de la probeta.

La distancia “X” entre cada línea de apoyo y el extremo más cercano de la probeta será igual o mayor a 2.5 cm.

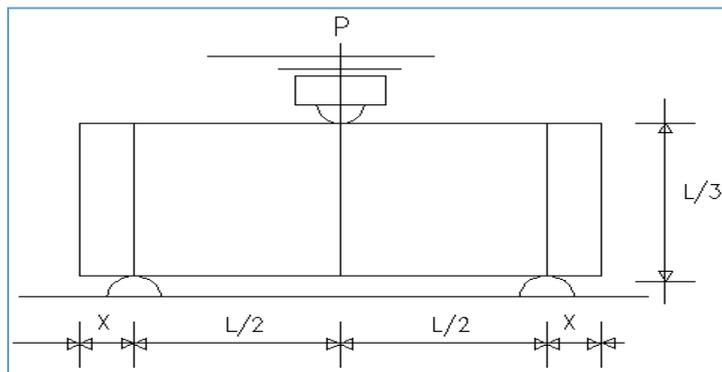


Figura N° 8: Ensayo de flexión método de carga en el punto medio.
Fuente: Norma NTP 339.079.

3.11.3 Estándares de control de concreto en resistencia a compresión

El comité ACI 214 propone la *Tabla N°13* tomada del *reporte del ACI 214-02*, donde se dan los estándares del control del concreto mediante los resultados de desviación estándar, considerando si las operaciones fueron realizadas en construcciones en general o ensayos de laboratorio. Se realizó el análisis estándares de control del concreto para los resultados de resistencia a compresión.

Tabla N° 13: Desviación estándar para los controles de concreto

CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Concreto en Obra	Menos a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Más a 49.2
Concreto en Laboratorio	Menos a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mas a 24.6

3.12 CURADO DE ESPECÍMENES

El curado de los especímenes se realizó en las instalaciones del laboratorio de la universidad nacional de Cajamarca. Este curado tuvo una duración de 7, 14 y 28 días.

Materiales

- Agua para el curado

Equipo

- Poza de curado (laboratorio)

Metodología

- Para la realización del curado de especímenes de concreto se siguió las especificaciones dadas en la norma peruana NTP 339.116

3.13 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

- **Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.**

El método cuantitativo se usó para medir las variables cuantitativas de estudio de las dosificaciones de concreto elaborados, para lo cual se emplearon equipos e instrumentos del laboratorio: máquina de ensayos a compresión y tracción universal, moldes adecuados para la elaboración de control de calidad del concreto, balanzas calibradores, tamices compatibles con las NTP y ASTM.

El método cualitativo se usó para describir algunas propiedades o variables cualitativas de las dosificaciones de concreto elaborados, tales como: trabajabilidad del concreto, apariencia del concreto, tipo de falla, para la cual se empleó la observación directa en el laboratorio.

- **Análisis de información.**

La información cuantitativa que se obtuvo de las variables de estudio de las diferentes dosificaciones de concreto fue procesada mediante métodos estadísticos como la determinación de promedios, etc. Para lo cual se emplearon programas computarizados como el Microsoft Word y Excel, con los que se obtuvo resultados de éstos métodos y gráficas representativas.

- **Evaluación de resultados.**

Los resultados de los ensayos realizados están sujetos a variaciones, que indicarían la uniformidad de estos resultados y el cuidado en la realización de los ensayos. Asimismo, con estas variaciones se puede diferenciar el comportamiento de las dosificaciones de estudio mediante el análisis estadístico. Por ello se realizaron los análisis estadísticos de

los resultados de las siguientes variables de evaluación: (a) Asentamiento en el concreto en estado no endurecido, (b) peso unitario volumétrico del concreto, (c) Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, (d) Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, (e) Módulos de elasticidad del concreto 28 días.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 13: Cuadro de resumen de las propiedades de los materiales

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	A. FINO	A. GRUESO	UNIDADES
Peso Unitario Suelto Seco	1.65	1.40	kg/cm ³
Peso Unitario Compactado Seco	1.76	1.51	kg/cm ³
Peso específico de masa	2.59	2.60	gr/cm ³
Peso específico de masa S.S.S.	2.62	2.62	gr/cm ³
Peso específico Aparente	2.68	2.65	gr/cm ³
Absorción	1.40	0.61	%
Contenido de Humedad	3.44%	0.56%	%
Módulo de Finura	3.12	6.88	
Tamaño Máximo Nominal(Pulgadas)	1/2"		
Partículas < Tamiz N° 200	3.09%	0.83%	%
Abrasión %	....	38.61%	%

4.2. Propiedades y características del concreto en estado fresco

4.2.1 Asentamiento y extensión de flujo

Consistencia

Según la NTP 339.035 se determinó que el asentamiento de la mezcla de concreto patrón es de 17 cm (6.9"), lo cual indica que es de una consistencia fluida.

Extensión de flujo (cono de Abrams) NTP 339.219

Se determinó la extensión de flujo del CAC, teniendo como resultado extensiones de mayores de 60 cm, los cuales están dentro de los límites de aceptación

Tabla N° 14: Valores de asentamiento para concreto autocompactante.

Dosificación del Aditivo	Dosificación de Aditivo			
	D-1(0.5%)	D-2(1%)	D-3(1.5%)	D-4(2%)
T50(s)	5.2	4.5	3.1	2.9
Asentamiento(cm)	19	27	29	29
Extensibilidad(cm)	29	66	73	80
Segregación	No	No	No	Ligero

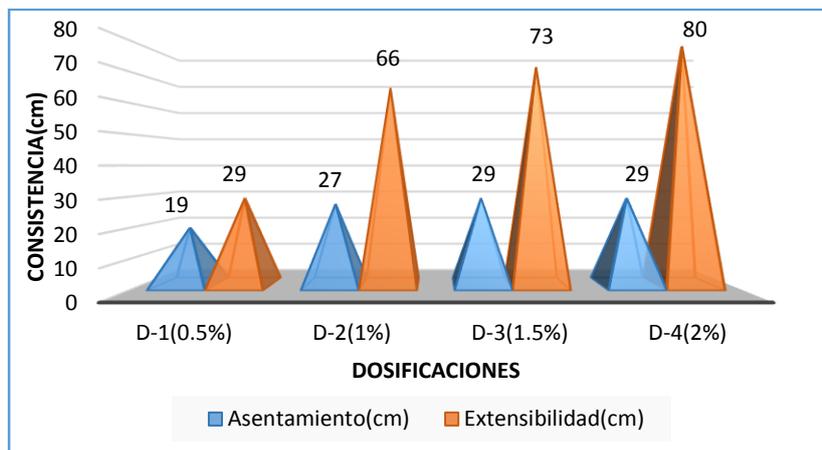


Figura N° 9: Asentamiento y extensibilidad de las mezclas de concreto

En el gráfico y tabla anterior se observa que el incremento del diámetro Df es directamente proporcional al porcentaje de aditivo. Teniendo como valor mínimo a 66 cm y como máximo a 80 cm. Sin embargo el incremento de aditivo a la mezcla genera ligera exudación y segregación en la misma.

4.2.2 Ensayo de la Caja L (capacidad de paso)

Tabla N° 15: Parámetro de ensayo de la Caja L

Parámetros	Dosificación de Aditivo			
	D-1	D-2	D-3	D-4
T20(cm)	1.4	1.20	1.00	0.80
T40(cm)	2.40	2.00	1.80	1.70
H1	9.30	9.20	9.20	9.10
H2	8.00	8.40	8.60	8.80
H2/H1 Cb L(cm)	0.86	0.91	0.93	0.97
Bloqueo	No	No	No	No
Segregación	No	No	No	Ligero

4.2.3 Ensayo de la Caja U (capacidad de paso y relleno)

Tabla N° 16: Parámetros de ensayo de la Caja C

Parámetros	Dosificación de Aditivo			
	D-1	D-2	D-3	D-4
H1(cm)	33.8	33.49	33.63	33.7
H2(cm)	31.5	31.5	32.5	32.8
H2/H1 (cm)	0.93	0.94	0.97	0.97
H1 -H2 (cm)	2.3	1.99	1.13	0.9
Segregación	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligero

De la tabla y grafico se observa que las cuatro dosificaciones cumplen con los rangos establecidos.

4.2.4 Análisis del peso unitario volumétrico del concreto en estado fresco.

Para determinar el peso unitario volumétrico del concreto fresco, se realizaron 3 tandas de concreto para cada tipo de adición de aditivo, luego se calculó el promedio, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 17: Variación porcentual del peso unitario volumétrico del concreto fresco a los 28 días.

TIPO DE CONCRETO	Peso Unitario del Concreto Fresco(Kg/m ³)
CONCRETO PATRÓN (0.0%)	2307.56 kg/m ³
D-1(0.5%)	2319.70 kg/m ³
D-2(1%)	2312.11 kg/m ³
D-3(1.5%)	2306.65 kg/m ³
D-4(2%)	2295.72 kg/m ³

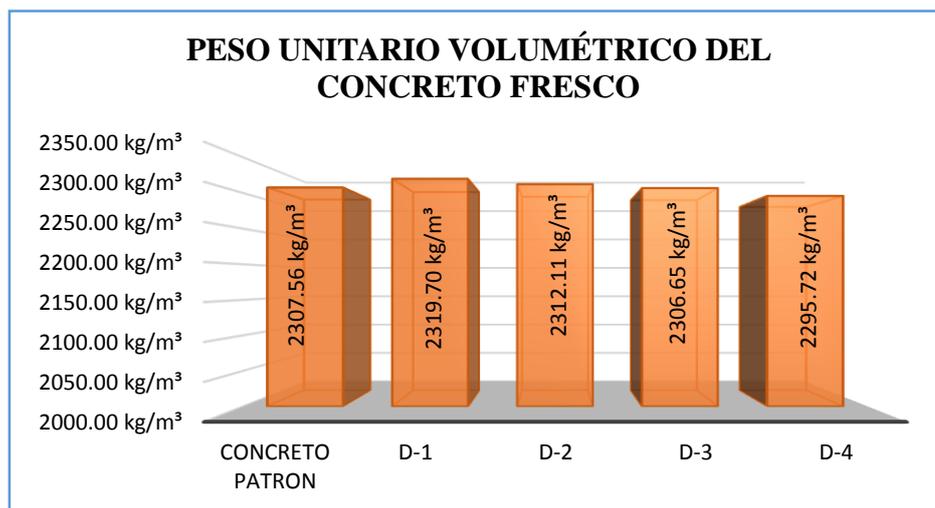


Figura N° 10: peso unitario volumetrico del concreto fresco

En la tabla N° 21 y la Figura N° 10 se muestra los promedios de los pesos unitarios del concreto fresco a los 28 días, para los diversos porcentajes del aditivo. Con 0.00% se alcanzó un peso unitario volumétrico del concreto fresco de 2307.56 kg/m³, con D-1 se alcanzó un peso unitario volumétrico del concreto fresco de 2319.70 kg/m³, con D-2 se alcanzó un peso unitario volumétrico del concreto fresco de 2312.11 kg/m³, D-3 se alcanzó un peso unitario volumétrico del concreto fresco de 2306.65 kg/m³, D-4 se alcanzó un peso unitario volumétrico del concreto fresco de 2295.72 kg/m³.

alcanzó a 2306.65 kg/m³ y con la D-4 se alcanzó a un peso unitario volumétrico de 2295.72 kg/m³.

4.3. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

4.3.1 Análisis Resistencia a la compresión

Los ensayos a compresión se realizaron en especímenes cilíndrico, curado bajo agua y ensayados a los 7,14 y 28 días.

Tabla N° 18: Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN(Kg/cm ²)					
DÍAS(días)	CONCRETO PATRÓN	D-1	D-2	D-3	D-4
		0.5 % del peso del cemento	0.1 % del peso del cemento	1.5 % del peso del cemento	2 % del peso del cemento
7	254.65	267.38	267.38	229.18	206.47
	267.38	280.11	292.85	254.65	216.45
	267.38	285.80	254.65	241.92	178.25
	246.83	259.82	267.38	233.84	204.50
	249.63	280.11	280.11	229.18	216.45
	216.45	254.65	292.85	267.38	229.18
	254.65	254.65	280.11	241.92	216.45
	254.65	216.45	267.38	229.18	216.45
	254.65	267.38	305.58	254.65	241.92
14	216.45	254.65	305.58	254.65	203.72
	280.11	299.21	318.31	241.92	241.92
	254.65	280.11	318.31	267.38	252.03
	299.21	286.48	305.58	280.11	254.65
	267.38	305.58	331.04	280.11	254.65
	258.47	280.11	305.58	273.75	267.38
	292.85	280.11	311.94	264.83	280.11
	280.11	286.48	318.31	280.11	241.92
	292.85	292.85	305.58	286.48	229.18
28	267.38	292.85	318.31	280.11	280.11
	292.85	292.85	318.31	267.38	254.65
	318.31	343.77	356.51	292.85	267.38
	305.58	331.04	381.97	280.11	267.38
	318.31	331.04	356.51	305.58	261.01
	318.31	331.04	381.97	292.85	280.11
	305.58	343.77	381.97	305.58	254.65
	292.85	343.77	356.51	305.58	292.85
	311.94	331.04	356.51	292.85	292.85
305.58	343.77	343.77	280.11	267.38	
303.03	343.77	356.51	292.85	267.38	
318.31	343.77	369.24	259.74	305.58	

4.3.2 Estándares de control de concreto en resistencia a compresión

Tabla N° 20: Resultados de la Desviación estándar – Resistencia a la Compresión

Edad(días)	C.P.	D-1	D-2	D-3	D-4	PROMEDIO
	0 %	0.5 %	1.0 %	1.5 %	2 %	
7	18.02	19.78	17.45	13.57	16.85	17.13
14	15.88	8.62	8.08	12.80	16.43	12.36
28	8.70	6.57	13.69	14.40	16.45	11.96

Tabla N° 21: Aplicación de los estándares de control de la resistencia a la compresión.

TIPO DE CONCRETO	ESTÁNDAR DE CONTROL		
	7 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN (0%)	Bueno	muy bueno	excelente
D-1(0.5%)	Bueno	excelente	excelente
D-2(1%)	muy bueno	excelente	excelente
D-3(1.5%)	excelente	excelente	muy bueno
D-4(2%)	muy bueno	muy bueno	muy bueno
Promedio	muy bueno	excelente	excelente

De acuerdo al comité ACI 214 (ver Tabla N° 13), de las tablas N° 20 y N°21: se muestra la aplicación de los estándares de control de resistencia a la compresión, donde se obtuvo estándares de control bueno. Muy bueno y excelente. Para las diferentes dosificaciones del aditivo y para el concreto patrón.

Tabla N° 19: Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	7 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN (0.0%)	248.27 Kg/cm ²	278.58 Kg/cm ²	309.78 Kg/cm ²
D-1(0.5%)	262.10 Kg/cm ²	289.66 Kg/cm ²	338.68 Kg/cm ²
D-2(1%)	281.39 Kg/cm ³	315.13 Kg/cm ³	364.15 Kg/cm ²
D-3(1.5%)	243.65 Kg/cm ²	272.22 Kg/cm ²	290.81 Kg/cm ²
D-4(2%)	212.98 Kg/cm ²	255.66 Kg/cm ²	275.66 Kg/cm ²

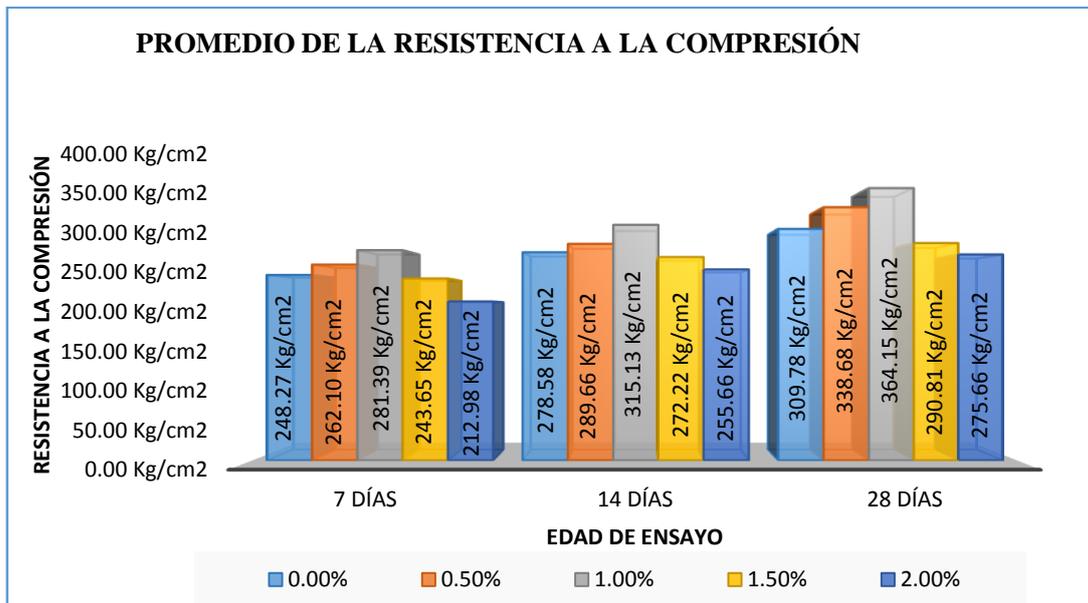


Figura N° 11: Resumen de resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días.

En la Tabla N° 19 y la Figura N° 11. Se observa que la máxima resistencia se logró con la dosificación número dos (D-2), llegando a 364.15 kg/cm² los 28 días. También se observa que los dos primeras dosificaciones se incrementa la resistencia y en las dos últimas dosificaciones la resistencia tendió a bajar, esto se debe al incremento del aditivo.

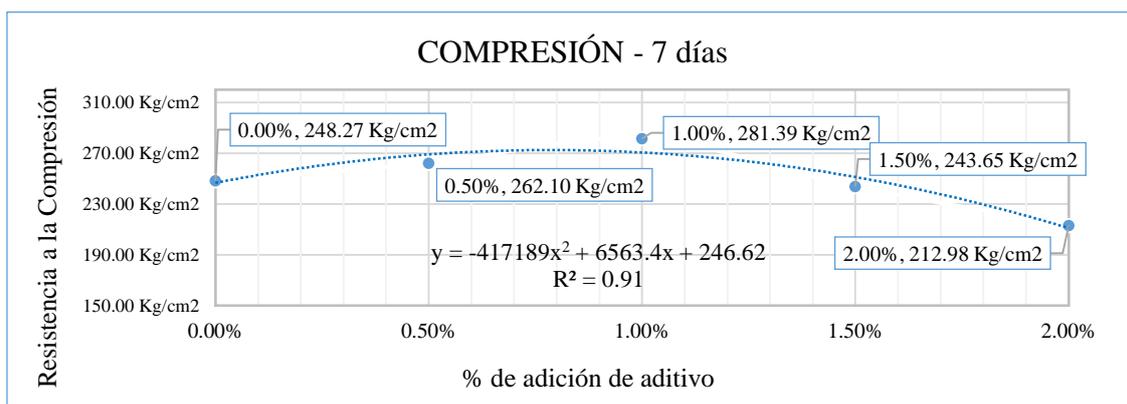


Figura N° 12: Promedio de ensayos a compresión, a edad de 7 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo Glenium C 313.

De la Figura N° 12. se desarrolla la resistencia a compresión del concreto a 7 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de aditivo, en este figura se puede observar que ante la adición de aditivo, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la compresión, se ve también la caída significativa que tiene la resistencia a compresión del concreto a una adición de 2.00% de aditivo , comprobándose que a edades iniciales

las adiciones superiores a este porcentaje no contribuirán en el incremento de la resistencia a compresión del concreto.

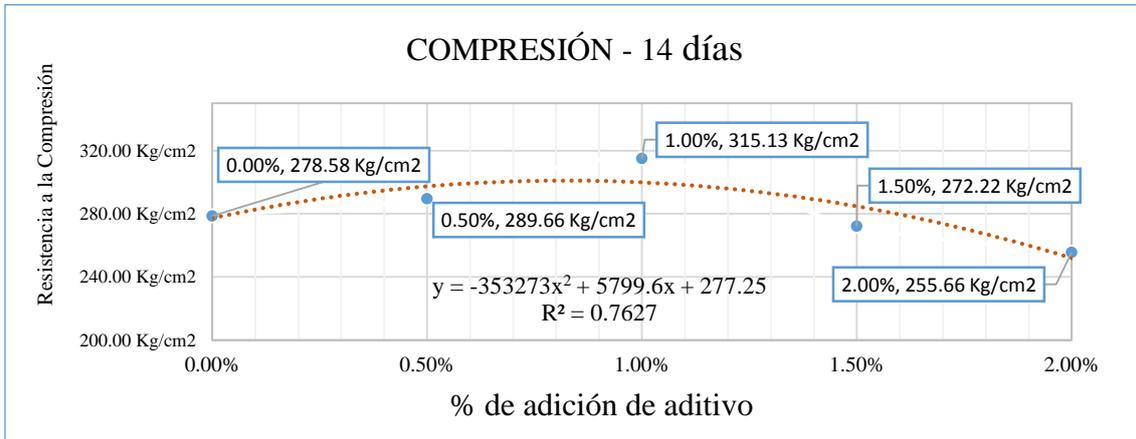


Figura N° 13: Promedio de ensayos a compresión, a edad de 14 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo Glenium C 313.

En el Figura N° 13: se desarrolla la resistencia a compresión del concreto a 14 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de aditivo, en este gráfico se puede observar que ante la adición de aditivo, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la compresión, se verifica también que la adición de 1.00% de aditivo presenta una mejoría en el comportamiento frente a la compresión en relación a una adición de 0.50%, se observa también una caída significativa de la resistencia a compresión del concreto con una adición de 2.00% de aditivo.

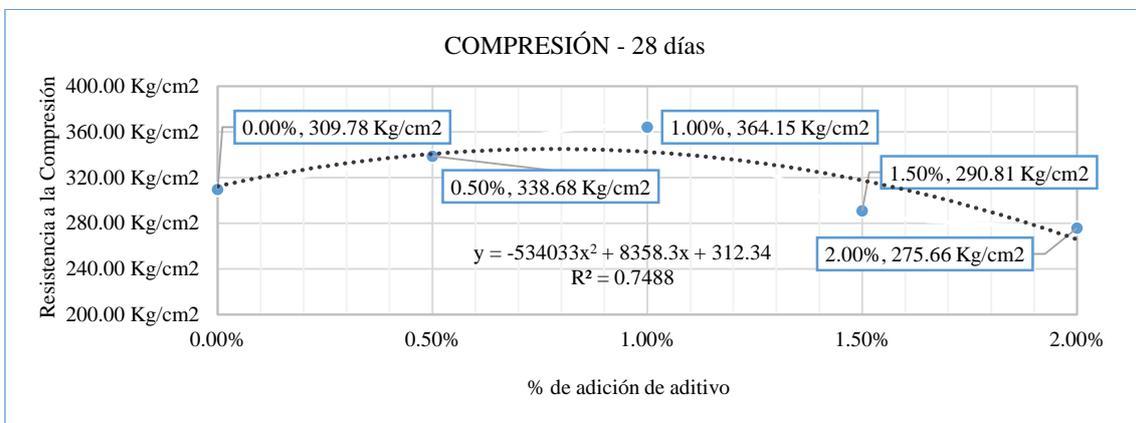


Figura N° 14: Promedio de ensayos a compresión, a edad de 28 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo Glenium C 313.

En la Figura N° 14: se desarrolla la resistencia a compresión del concreto a 28 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de aditivo, en este gráfico se puede observar que ante la adición de aditivo, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a

la compresión, se verifica también que no existe un incremento significativo entre especímenes elaborados con una adición de 0.50% y 1.00% de aditivo, se observa una caída significativa de la resistencia a compresión del concreto con una adición de 2.00% de aditivo.

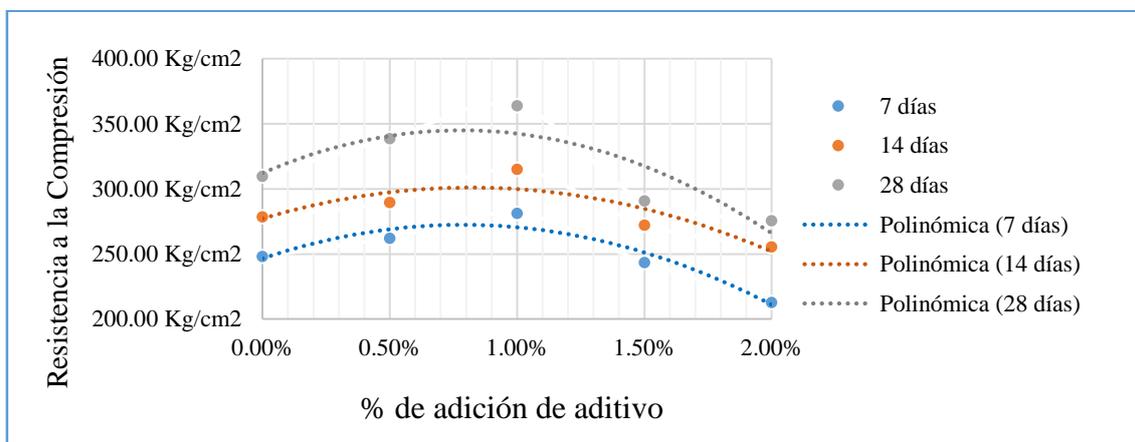


Figura N° 15: promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de aditivo Glenium C313.

En el Figura N 15: Los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de aditivo, se observa que la resistencia promedio cae a una adición del 2.00% de aditivo, también se observa que la resistencia empieza a disminuir en las tres edades a partir de una adición del 1% de aditivo.

Tabla N° 20: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Glenium C 313, respecto al concreto patrón.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN (%) RESPECTO AL PATRÓN			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	7 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	100.00%	100.00%	100.00%
D-1(0.50%)	105.57%	103.98%	109.33%
D-2(1%)	113.34%	113.12%	117.55%
D-3(1.5%)	98.14%	97.71%	93.88%
D-4(2%)	85.79%	91.77%	88.98%

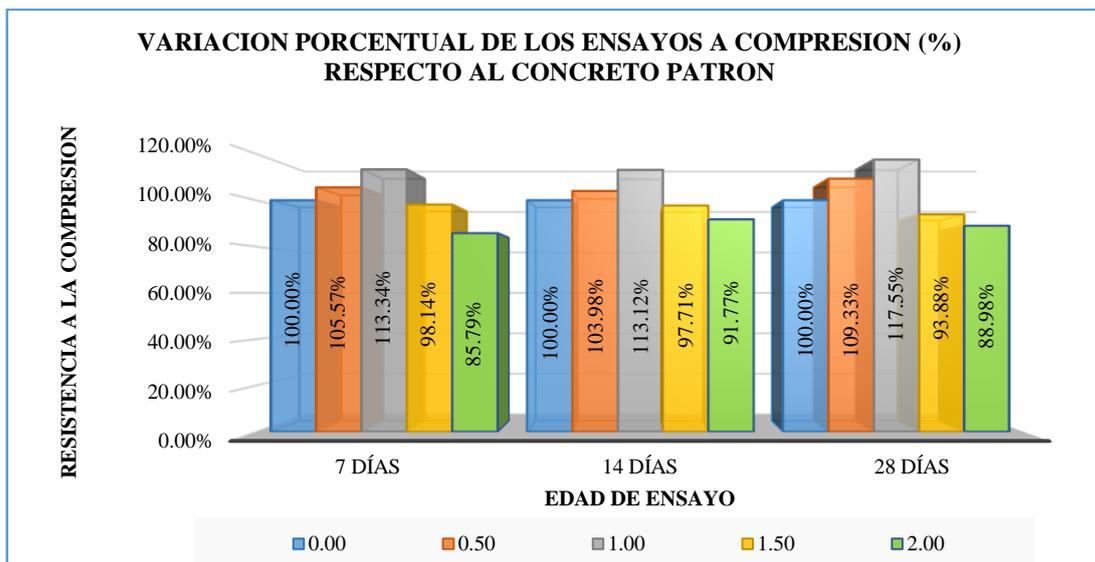


Figura N° 16: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Glenium C 313, respecto al concreto patrón.

En la tabla N° 20 y la Figura N° 16, Tal como se muestra anteriormente se llegó a un aumento del 9.33% en la dosificación D-1, con respecto al concreto patrón, con la dosificación D-2 se llegó a aun aumentó del 17.55%, la dosificación D-3 y D-4 disminuye la resistencia en 6.12% y 19.24% con respecto al concreto patrón, a los 28 días.

4.3.3 Análisis Resistencia a la flexión

El ensayo de flexión fue realizado a 5 especímenes de concreto para cada edad (7, 14 y 28 días), haciendo un total de 25 especímenes para cada tipo de concreto (concreto patrón, concreto más aditivo Glenium C 313, con la dosificación (0.5%, 1%,1.5% y 2%). Haciendo un total de 75 especímenes prismáticos. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla y gráficos que a continuación se muestran

Tabla N° 21: Resultados de ensayo a la flexión.

PROMEDIO DE ENSAYOS A FLEXIÓN (Kg/cm ²)					
DÍAS(días)	CONCRETO PATRÓN	D-1	D-2	D-3	D-4
		0.5 % del peso del cemento	0.1 % del peso del cemento	1.5 % del peso del cemento	2 % del peso del cemento
	24.00	24.53	29.33	25.73	26.13
	26.06	26.15	27.88	26.28	25.62
	24.32	27.62	30.61	28.16	23.94
	27.88	26.79	31.27	26.46	23.94
	26.67	27.01	31.99	26.42	24.03

14	29.12	30.80	32.52	28.94	25.75
	26.79	28.94	33.19	34.11	26.28
	26.67	30.89	32.96	27.01	24.93
	29.33	29.25	33.80	28.91	24.84
	31.19	31.16	34.76	27.15	26.59
28	33.63	34.78	37.17	30.80	28.54
	34.93	38.36	39.16	33.72	26.13
	32.92	34.53	38.67	29.20	28.53
	34.28	36.88	39.82	33.81	28.46
	34.67	36.80	38.67	30.00	29.07

Tabla N° 22: Promedio de ensayos a flexión

PROMEDIO DE ENSAYOS A FLEXIÓN Kg/cm ²			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO(en días)		
	7	14	28
CONCRETO PATRÓN	25.78 Kg/cm ²	28.62 Kg/cm ²	34.09 Kg/cm ²
D-1(0.5%)	26.42 Kg/cm ²	30.21 Kg/cm ²	36.27 Kg/cm ²
D-2(1%)	30.22 Kg/cm ²	33.45 Kg/cm ²	38.70 Kg/cm ²
D-3(1.5%)	26.61 Kg/cm ²	29.22 Kg/cm ²	31.50 Kg/cm ²
D-4(2%)	24.73 Kg/cm ²	25.68 Kg/cm ²	28.15 Kg/cm ²

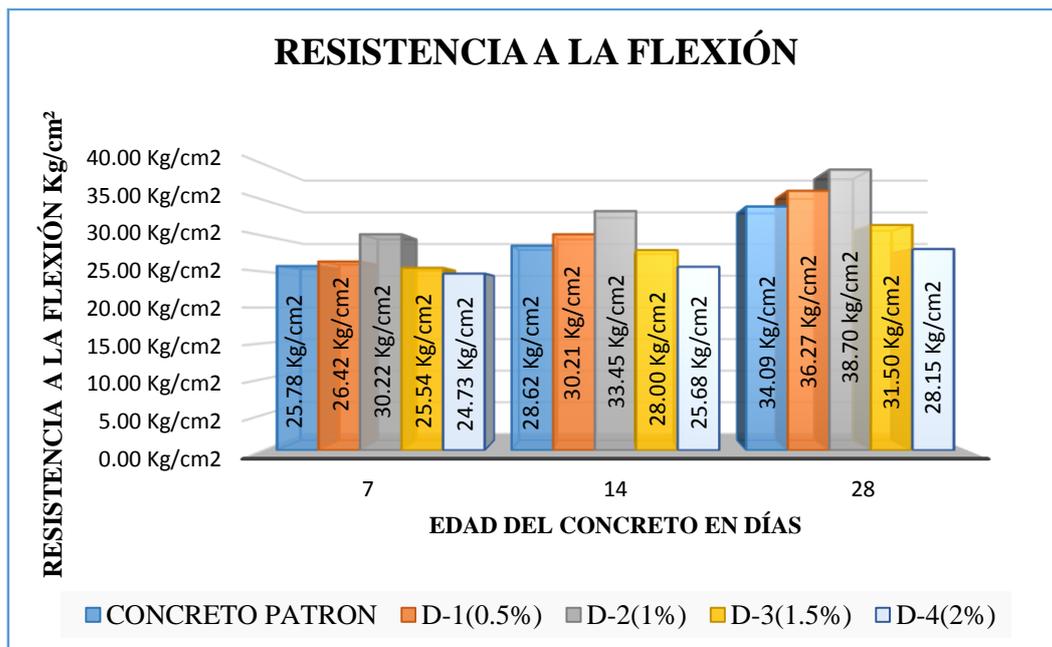


Figura N° 17: resumen de la resistencia a la flexión Glenium C 313, respecto al concreto patrón

En la tabla N° 22 y la Figura N° 17, se observa los valores de la resistencia a la flexión promedio de concreto patrón y las 4 dosificaciones, donde se observa que la máxima resistencia fue en dosificación D-2 llegando a 30.22 kg/cm² a los 7 días, 33.45 kg/cm² a los 14 días y a 38.70 kg/cm² a los 28 días. Y la dosificación D-4 se obtuvo la menor resistencia promedio llegando a 24.73 kg/cm² a los 7 días, 25.68 kg/cm² a los 14 días, 28.15 kg/cm² a los 28 días.

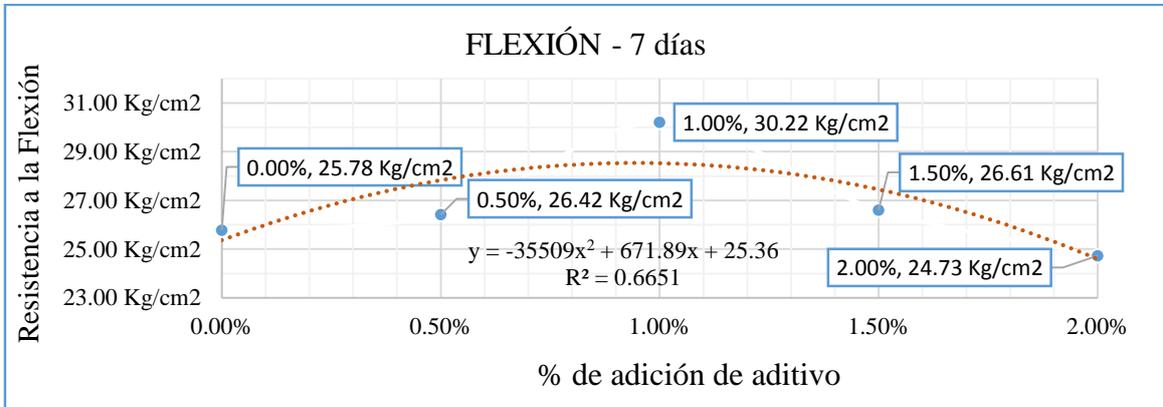


Figura N° 18: Promedio de ensayos a flexión, a edad de 7 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo.

En el Figura N° 18: se desarrolla la resistencia a flexión del concreto a 7 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de aditivo, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 1.00% de adición de aditivo.

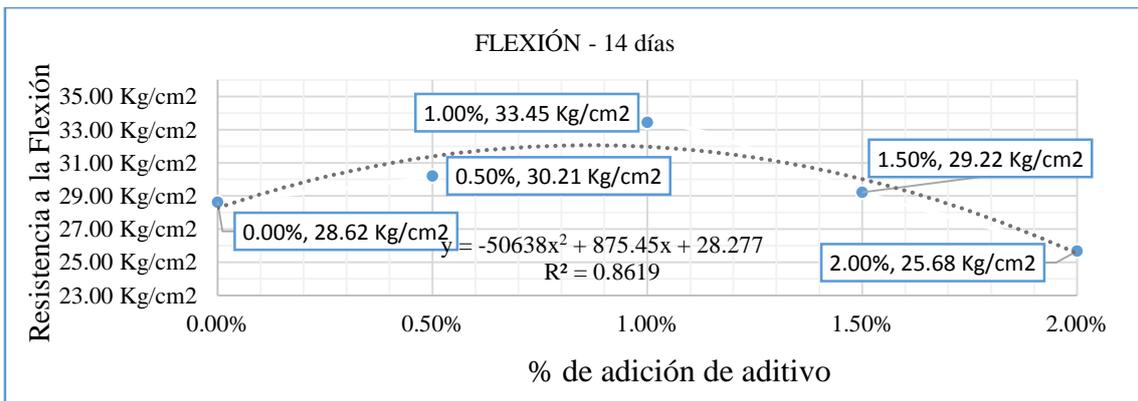


Figura N° 19: Promedio de ensayos a flexión, a edad de 14 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo.

En el Figura N° 19: se desarrolla la resistencia a flexión del concreto a 14 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de aditivo, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 1.00% de adición de aditivo. La menos resistencia fue con la adición de 2% del aditivo.

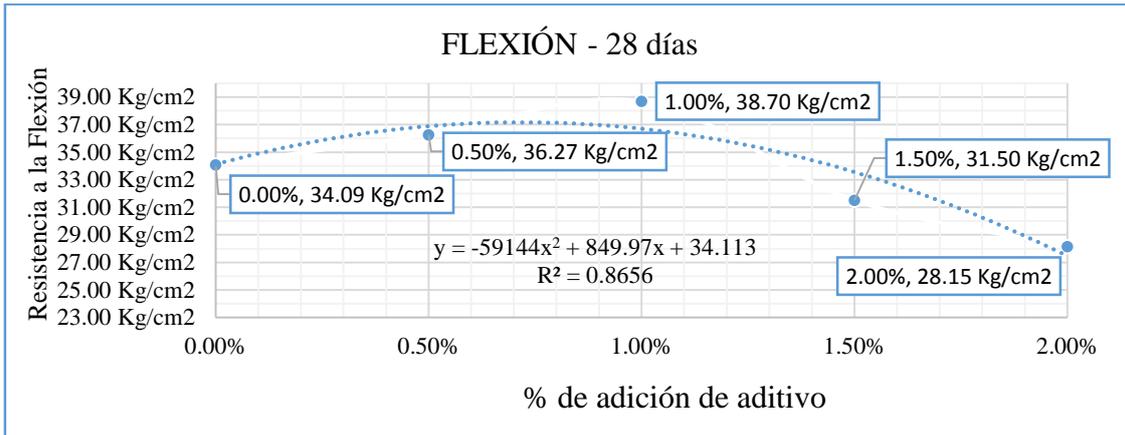


Figura N° 20: Promedio de ensayos a flexión, a edad de 28 días y diferentes porcentajes de adición de aditivo.

En el Figura N° 20: se desarrolla la resistencia a flexión del concreto a 28 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de aditivo, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 1.00% de adición de aditivo. La menos resistencia fue con la adición de 2% del aditivo.

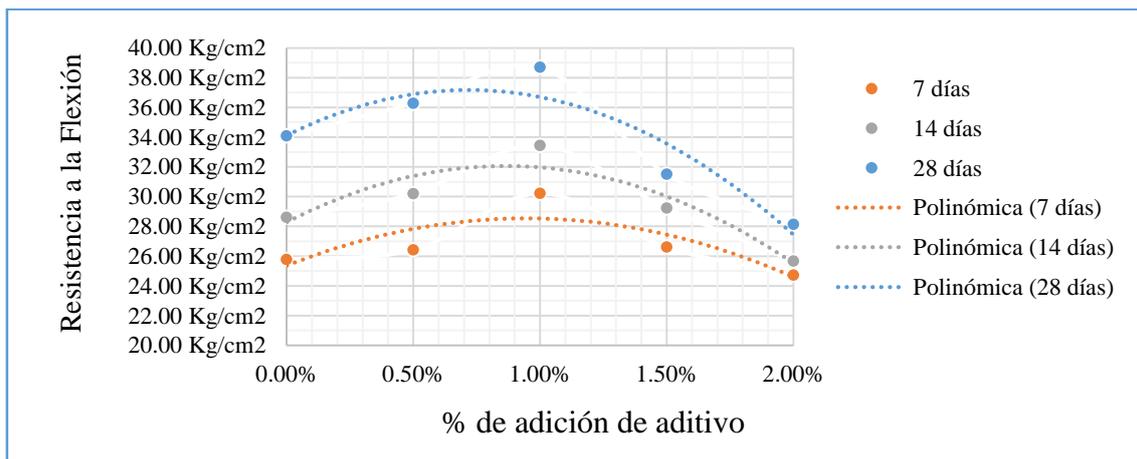


Figura N° 21: promedios de ensayos a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

En el Figura N° 21: promedios de ensayos a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición de aditivo, en este gráfico se puede observar que el concreto tiene un incremento hasta la adición de 1% del aditivo y en las últimas adiciones disminuye su resistencia a la flexión.

Tabla N° 23: Variación porcentual de los ensayos a flexión

VARIACIÓN PORCENTUAL DE ENSAYOS A FLEXIÓN (%)			
TIPO DE CONCRETO	Edad de ensayo		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN (0.0%)	100.00 %	100.00 %	100.00 %
D-1(0.5%)	102.47 %	105.54 %	106.41 %
D-2(1%)	117.19 %	116.86 %	113.52 %
D-3(1.5%)	103.20 %	102.11 %	92.42 %
D-4(2%)	95.92 %	89.72 %	82.58 %

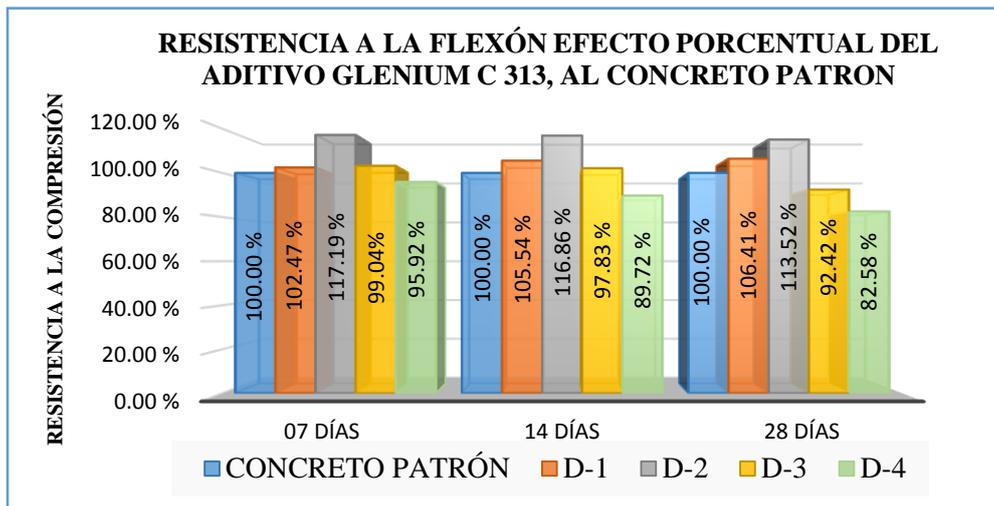


Figura N° 22: Evaluación de la Resistencia a la Flexión vs tiempo

Como se aprecia en la Tabla N° 23 y Figura N° 22, la variación porcentual del concreto se observa a los 7 días el mayor incremento de porcentaje se dio en la dosificación D-2 con 17.19%, a los 14 días el mayor incremento se dio en D-2 con 16.86% y a los 28 días también fue D-2 con 13.52% con respecto al concreto patrón.

4.3.4 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto fue determinado a los 28 días de edad de los especímenes de concreto, los resultados obtenidos se han representado de acuerdo a los métodos Norma E 060, y según graficas de esfuerzo – deformaciones realizadas, tanto para ensayos de compresión y flexión. Cada uno de los cuales para los 5 diferentes tipos de concreto en estudio, (concreto patrón, concreto más Glenium C 313. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas que a continuación se muestran.

Tabla N° 24: Módulo de Elasticidad

EDAD	TIPO DE CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	
		NORMA E.060	GRÁFICA
28 DÍAS	CONCRETO PATRÓN (0.0%)	263580.80 kg/cm ²	254969.45 kg/cm ²
	D-1(0.5%)	275806.80 kg/cm ²	229025.34 kg/cm ²
	D-2(1%)	285967.40 kg/cm ²	251897.43 kg/cm ²
	D-3(1.5%)	257277.22 kg/cm ²	246757.91 kg/cm ²
	D-4(2%)	238775.97 kg/cm ²	225848.41 kg/cm ²

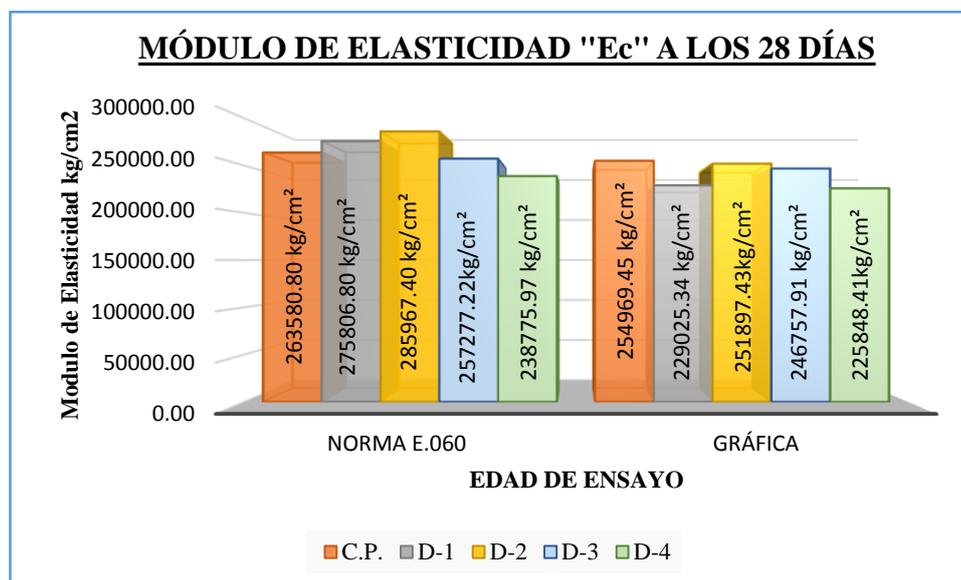


Figura N° 23: Módulo de Elasticidad a los 28 días, según la Norma E.060 y Grafica esfuerzo Vs deformación.

En la Tabla N° 24 y el Figura N°23 se puede observar la variación del módulo de elasticidad del concreto a diferentes edades y porcentajes del aditivo, muestra las módulos de elasticidad a las 28 días, se observa que según la Norma se tiene un módulo de elasticidad entre 238775.97 kg/cm² y 285967.40 kg/cm². Los módulos de elasticidad de la Grafica esfuerzo vs deformación están comprendidos entre 229025.34 kg/cm² y 254969.45 kg/cm².

4.3.5 Análisis del Tipo de falla de especímenes a compresión

De acuerdo a la norma NTP 339.034 (ver Figura N° 9), se ha observado y registrado los diferentes tipos de falla de los ensayos a compresión realizados en laboratorio, cuyo análisis se ha realizado para todos los tipos de concreto en evaluación (Patrón, Concreto más las dosificaciones del aditivo Glenium C 313, y a las diferentes edades de ensayo (28 días), evaluándose 50 especímenes de concreto a compresión, tal como se muestra a continuación.

Tabla N° 25: Tipos de Falla obtenidos en los diferentes tipos de concreto

TIPO DE CONCRETO	TIPO-2	TIPO-3	TIPO-4	TIPO-5	TIPO -6	TOTAL
CONCRETO PATRÓN (0.0%)	6	2	0	2	0	10
D-1(0.5%)	3	4	1	1	1	10
D-2(1%)	4	3	0	2	1	10
D-3(1.5%)	5	3	0	2	0	10
D-4(2%)	3	3	1	2	1	10
TOTAL						50

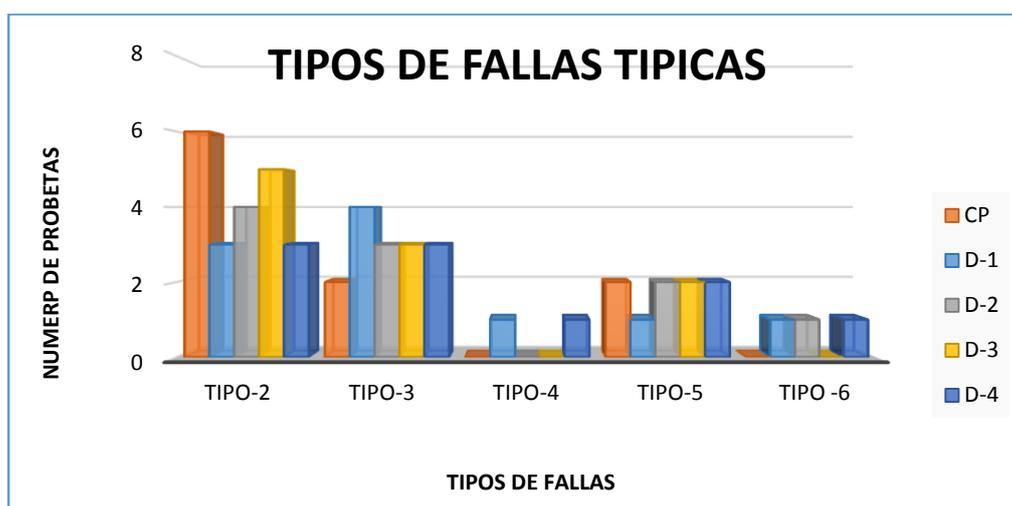


Figura N° 24: Tipos de Falla Típicas en las probetas a compresión

De la tabla y gráfico anteriores se muestra, que los tipos de fallas 2 y 3 fueron los más comunes tanto en el concreto patrón como en el concreto con adición del aditivo Glenium C 313, los tipos de fallas menos comunes fueron los tipo 4 y 6. No se encontró ningún tipo de falla 1.

Tabla N° 26: Porcentajes de falla registrados en los ensayos a compresión

TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
TIPO 2	21	42.00%
TIPO 3	15	30.00%
TIPO 4	2	4.00%
TIPO 5	9	18.00%
TIPO 6	3	6.00%
TOTAL	50	100.00%

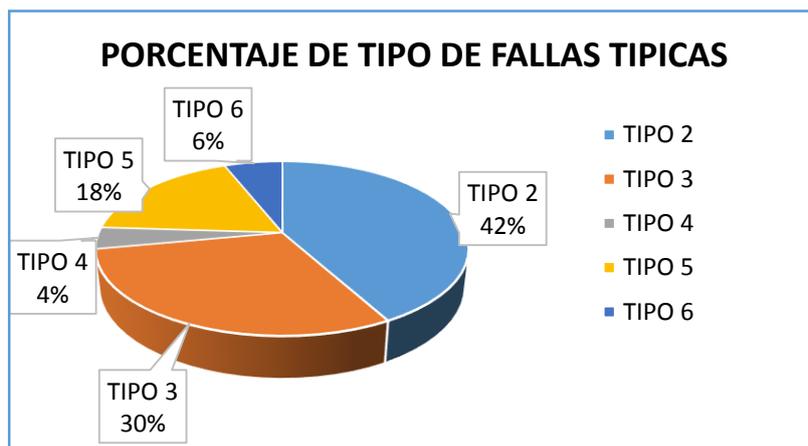


Figura N° 25: Porcentaje de fallas típicas registradas en los ensayos a compresión

De la Tablas N° 30 y Figura N° 42, se muestra porcentualmente los tipos de fallas obtenidas en los diferentes ensayos realizados. Dando como resultado a la falla de tipo 2 con 42.00 %, el tipo de falla 3 con 30%, el tipo de falla 4 con 4%, el tipo de falla 5 con 18% y el tipo de falla tipo 6 con 6%.

4.4. ANÁLISIS DE COSTOS TENIENDO EN CUENTA SOLO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El análisis de los costos de la mezcla de diseño elaborado, se realizó para 1 m³ de concreto, teniendo en cuenta el costo de los insumos, los materiales empleados para cada caso son:

- Agregado Fino y Grueso: Cantera “Aguilar”.
- Cemento: Pacasmayo Tipo I.
- Agua: Del campus universitario.
- Aditivo Glenium C 313.

Los costos obtenidos por el tesista para la fabricación de una unidad cubica de concreto son los siguientes.

Tabla N° 27: Costos por metro cúbico de concreto

TIPO DE CONCRETO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL	TOTAL(S/.)
PATRÓN	Cemento	BLS	10.52	24.5	257.75	313.56
	Agregado fino	m ³	0.50	60	29.91	
	Agregado grueso	m ³	0.42	60	25.43	
	Agua	m ³	0.25	1.9	0.47	
CONCRETO MAS ADICIÓN DE ADITIVO (D-1)	Cemento	BLS	10.22	24.5	250.49	355.38
	Agregado fino	m ³	0.57	60	34.16	
	Agregado grueso	m ³	0.48	60	29.00	
	Agua	m ³	0.21	1.9	0.40	
	Glenium C313	L	2.07	20	41.33	
CONCRETO MAS ADICIÓN DE ADITIVO (D-2)	Cemento	BLS	10.22	24.5	250.49	393.28
	Agregado fino	m ³	0.57	60	34.16	
	Agregado grueso	m ³	0.48	60	29.00	
	Agua	m ³	0.21	1.9	0.40	
	Glenium C313	L	3.96	20	79.24	
CONCRETO MAS ADICIÓN DE ADITIVO (D-3)	Cemento	BLS	10.22	24.5	250.49	433.09
	Agregado fino	M3	0.57	60	34.16	
	Agregado grueso	M3	0.48	60	29.00	
	Agua	M3	0.21	1.9	0.39	
	Glenium C313	L	5.95	20	119.05	
CONCRETO MAS ADICIÓN DE ADITIVO (D-4)	Cemento	BLS	10.22	24.5	250.49	472.71
	Agregado fino	m ³	0.57	60	34.16	
	Agregado grueso	m ³	0.48	60	29.00	
	Agua	m ³	0.20	1.9	0.39	
	Glenium C313	L	7.93	20	158.67	

Tabla N° 28: Resumen del concreto patrón y autocompactante por m³

Muestra	Dosificación	Costo (S/.)	VARIACIÓN
CONCRETO PATRÓN	sin aditivo	S/. 313.56	
D-1	0.5% de peso del cemento	S/. 355.38	13.34%
D-2	1% de peso del cemento	S/. 393.28	25.43%
D-3	1.5% de peso del cemento	S/. 433.09	38.12%
D-4	2% de peso del cemento	S/. 472.71	50.75%

Tabla N° 29: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de aditivo y su respectiva resistencia a la compresión y flexión a los 28 días

TIPO DE CONCRETO	Costo (S/.) m ³ del concreto	Esfuerzo a Compresión (28 días) Kg/cm ²	Esfuerzo a Flexión (28 días) Kg/cm ²
CONCRETO PATRÓN	S/. 313.56	309.78 kg/m ²	34.09 kg/m ²
D-1(0.5%)	S/. 355.38	338.68 kg/m ²	36.27 kg/m ²
D-2(1%)	S/. 393.28	364.15 kg/m ²	39.23 kg/m ²
D-3(1.5%)	S/. 433.09	290.81 kg/m ²	31.50 kg/m ²
D-4(2%)	S/. 472.71	250.19 kg/m ²	28.12 kg/m ²

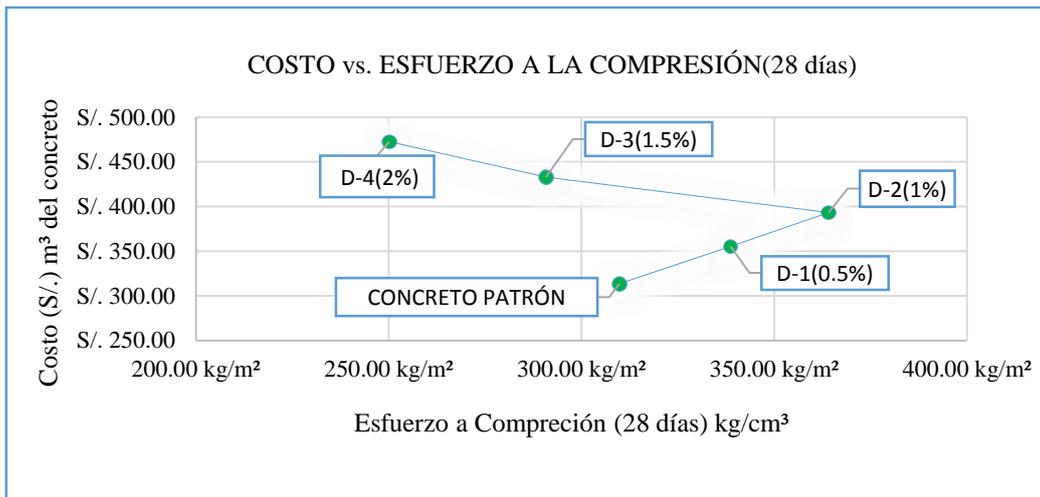


Figura N° 26: Costo Vs. Esfuerzo a la Compresión.

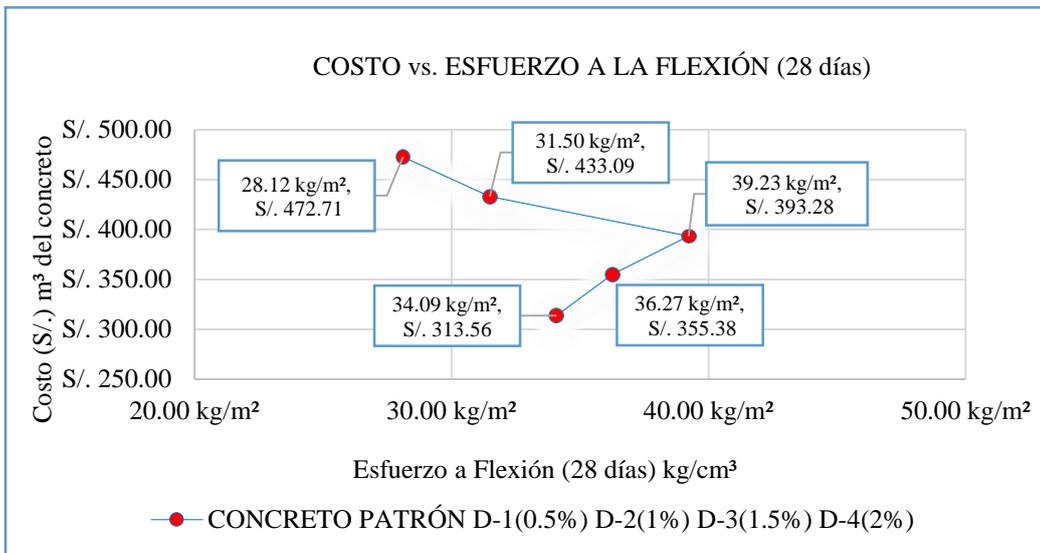


Figura N° 27: Costo Vs. Esfuerzo a la Flexión.

En la Tabla N°29, Figura N°26 y Figura N°27 se muestran la relación entre el costo por unidad cúbica de concreto en estudio comparada con el esfuerzo tanto a compresión y flexión de los especímenes a los 28 días de edad, donde podemos ver que el mayor costo se da para la adición de 2% de aditivo con un esfuerzo a la compresión de 250.19 kg/cm² y para la flexión también con la adición de 2% de aditivo con un esfuerzo a la flexión de 28.12 kg/cm².

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

- Las propiedades mecánicas del concreto autocompactate elaborado con aditivo Glenium C 313 es mayor en más de 10 % al concreto tradicional con la adición de 1% del aditivo en peso del cemento.
- La resistencia mecánica a compresión del concreto autocompactante incrementa su resistencia en 9.33% en la dosificación D-1(0.5% en peso del cemento) y 17.55% en la dosificación D-2(1% en peso del cemento). Mientras que en las dosificaciones D-3(1.5% en peso del cemento) y D-4(2% en peso del cemento) disminuye en 6.12% y 11.02% con respecto al concreto patrón a los 28 días.
- La resistencia mecánica a flexión muestra incrementos en función del concreto patrón de en los dosificaciones D-1(0.5% en peso del cemento) y D-2(1% en peso del cemento) de 6.41% y 13.52%. En las dosificaciones D-3(1.5% en peso del cemento) y D-4(2% en peso del cemento), disminuyó la resistencia en función al concreto patrón de 7.58% y 17.42% a los 28 días.
- El concreto autocompactante presenta las siguientes características.
 - Ensayo de extensión de flujo, presenta una extensibilidad entre los rangos 29 cm y 80 cm.
 - Ensayo de caja L, con una capacidad de paso buena con un coeficiente de bloqueo entre 0.86 y 0.97.
 - Ensayo de caja U, con capacidad de paso y relleno adecuada con altura de relleno mayor a 300 mm y diferencia de alturas menos a 30 mm.
- El peso unitario volumétrico del concreto fresco del concreto patrón 2307.56 kg/cm³, en las dosificaciones disminuye a medida que va incrementándose el porcentaje de aditivo, encontrándose en los rangos 2319.70 kg/cm³ - 2295.72 kg/cm³.
- Los costos en materiales de un CAC, incrementan a medida que se va adicionando porcentaje de aditivo, en función concreto patrón, siendo la dosificación D-1 la de menos aumento el costo con respecto al concreto patrón con +41.83 S. /m³ (13.34 % mayor), el mayor incremento de costo metro cubico es de 159.15 S. /m³ en la dosificación 4 (50.75 % mayor al concreto patrón).

5.2. RECOMENDACIONES:

- Investigar de la evolución de las propiedades mecánicas para 60 y 90 días.
- Se recomienda estudiar el problema de la segregación en los concretos autocompactantes.
- Investigar las propiedades mecánicas de los CAC con Agregados de diferentes canteras.
- Para utilizar el CAC como material de construcción, es necesario realizar previamente un estudio técnico y económico en base a las solicitudes del proyecto, tomando en cuenta los resultados de esta investigación y los antecedentes que tiene este tipo de concreto.
- Se recomienda tener cuidado con el peso de los agregados, cemento, agua, y en especial del aditivo, porque un ligero aumento de este tiene gran influencia en la fluidez de la mezcla.
- Realizar investigaciones con otros tipos de cementos y otros tipos de aditivos existentes en el mercado de Cajamarca para poder analizar las propiedades y características de este, tanto en concreto fresco como endurecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS:

- Abanto Castillo. Flavio. Tecnología del concreto (Teoría y problemas). 2ª Ed Lima. Perú.
- Ausencio aguliar calderon (1970) Cemento portalnd- fabricacion propiedades y empleo, instituto mexicano del cemento y del concreto, Mexico.
- Barluenga. Gonzalo (2013). Hormigones Avanzados. Madrid. Instituto de las ciencias de la construcción Eduardo Torroja. España.
- Lezama Leiva, José. 2013. Tecnología del concreto. Cajamarca – Perú.
- Rivva López, Enrique. Diseño de Mezclas. Lima. Perú. 2007.

INVESTIGACIONES:

- Br. Molina Segura, Carlos Joel y Br. Saldaña Pacheco, Saul Omar., 2014, “Influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext en las propiedades del concreto aucompactante en estado fresco y endurecido”. Tesis Ing. Civil. Universidad Privada Antonio Orrego-trujillo
- FAVA CAR (2003) .Hormigón Autocompactante: Desarrollo Y Caracterización. (Tesis de Magister) .Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Jonhson Wilker Rigueira Victor. , 2007, “Estudio de la Sensibilidad e Influencia de la Composición en las Propiedades Reologicas y Mecánicas de los Hormigones Autocompactante”. Tesis Doctoral (Universidad Politécnica de Valencia).
- Joo Herrán, Gonzalo. , 2003, “Comportamiento del concreto con aditivo plastificante reductor de agua y retardante de fragua EUCO WR51”. Tesis de grado. Universidad De Piura.
- Pérez, C. (2015). Tesis: “Influencia del aditivo sika visco crete 3330 en la durabilidad de los concretos Autocompactantes elaborados con cemento tipo II y V. (Universidad Nacional de Cajamarca).
- Sánchez, L. (2015),” Efecto Del Aditivo Superplastificante Sika Viscocrete En La Resistencia Mecánica Del Concreto Autocompactante” (universidad nacional de Cajamarca.

- Palomino, U. (2012) Tesis: “Influencia de la adición mineral microfiller calizo en concreto autocompactante”. (Universidad Ricardo Palma).
- Fernández, A. (2009). Influencia De La Dosificación Y Empleo De Diferentes tipos De Cemento Y Adiciones En Las Propiedades Mecánicas Del Hormigón Autocompactante. (Tesis Doctoral).Madrid: Escuela Técnica Superior De Ingenieros, de Caminos, Canales Y Puertos.

NORMAS:

- ASTM C 31/C 31M – 03a
- ASTM A 820. Standard Specification for Steel Fibers for Fiber – Reinforced Concrete.
- EXPERTS FOR SPECIALISED CONSTRUCTION AND CONCRETTE SYSTEMS, EFNARC. (2002). Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC
- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.034.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.046.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.047.2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.079.2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.084.2012 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.088.2006 HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.

- NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.017.2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (Nº 200). 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.019.2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

PÁGINAS WED

- <http://tecnologiahormigon.blogspot.pe/2015/07/primeras-aplicaciones-de-hormigon.html>

ANEXOS

ANEXO I: TABLAS PARA PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS

Tabla N° 30: Husos granulométricos del agregado fino

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (%) LÍMITES TOTALES
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 micrones (N° 30)	25 a 60
300 micrones (N° 50)	05 a 30
150 micrones (N° 100)	0 a 10

* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33

Tabla N° 31: Husos granulométricos del agregado grueso

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3½ pulg a 1½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2½ pulg a 1½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...
67	19.0 mm. a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 mm. a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: Norma NTP 400.037 – 2002.

Tabla N° 32: Tipo de gradación según peso retenido de la muestra de ensayo.

TAMAÑO DE LOS TAMICES		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12.70 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (N° 4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.76 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	-----	-----	-----	5000 ± 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019

Tabla N° 33: Carga abrasiva según tipo de gradación del material

GRADACIÓN	NÚMEROS DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.019

Tabla N° 34: Número de capas de compactación requeridas por espécimen.

TIPO Y TAMAÑO DE ESPECÍMENES mm (pulg.)	MODO DE CONSOLIDACIÓN	N° DE CAPAS DE APROX. IGUAL PROFUNDIDAD
CILINDROS DIÁMETROS EN mm (pulg.)		
75 a 100 (3 a 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
PRISMAS Y CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTOS PLÁSTICOS Profundidad en mm (pulg.)		
Hasta 200 (8)	Varillado	2
Más de 200 (8)	Varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Fuente: Norma NTP 339.183 - 2013.

Tabla N° 35: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba.

CILINDRO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
ÁREA SUPERFICIAL SUPERIOR DEL ESPÉCIMEN Cm² (pulg².)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de Superficie.
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de Superficie.
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLÁSTICO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: Normas NTP 339.183 - 2013.

Tabla N° 36: Capacidad de los recipientes de medición.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICIÓN	
Pulg.	mm.	Pie ³	L
1	25.0	0.2	6
1 1/2	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 ½	112	2.5	70
6	150	3.5	100

Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar el concreto que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeños que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

Fuente: Normas NTP 339.046 - 2013.

Tabla N° 37: Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto.

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
03 días	± 2.0 h ó 2.8 %
07 días	± 6.0 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: Normas NTP 339.034 - 2013.

ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS

Tabla N° 38: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 01

TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.		% Q. Pasa	Huso granulométrico		
#	(mm)		Parcial	Acumul.				
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
N°4	4.76	149.13	9.03	9.03	90.97	95	-	100
N°8	2.36	382.70	23.17	32.19	67.81	80	-	100
N°16	1.18	230.20	13.93	46.13	53.87	50	-	85
N°30	0.60	210.80	12.76	58.89	41.11	25	-	60
N°50	0.30	242.10	14.65	73.54	26.46	5	-	30
N°100	0.15	323.80	19.60	93.14	6.86	0	-	12
cazoleta		113.30	6.86	100.00	0.00			
Total		1652.03						
mf=		3.13						

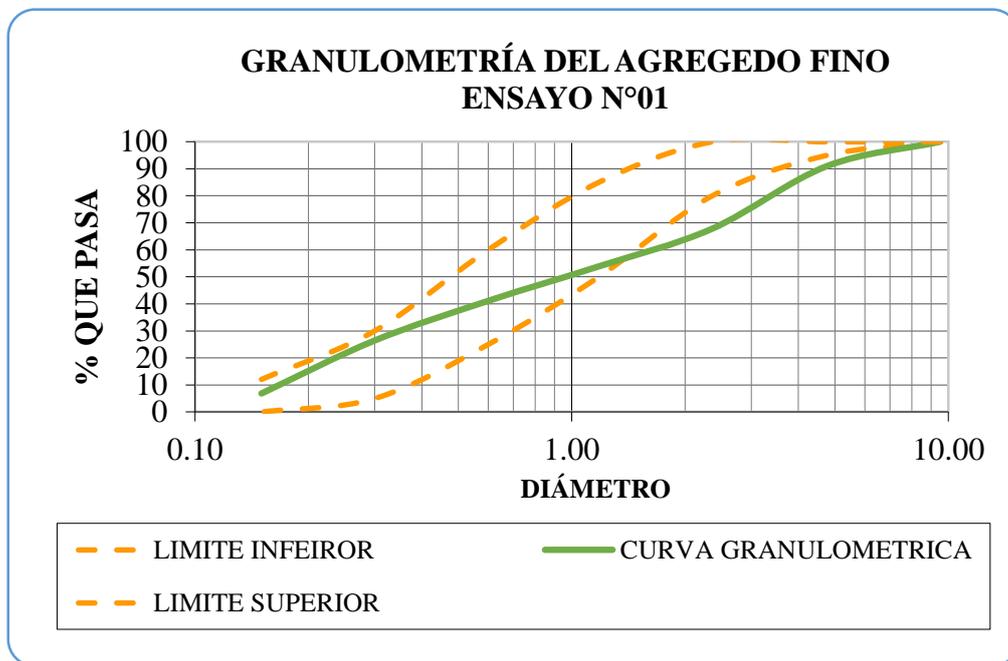


Figura N° 28: Curva granulométrica del agregado fino- Ensayo N° 01

Tabla N° 39: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 02.

TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.		% Q. Pasa	Huso granulométrico		
#	(mm)		Parcial	Acumul.				
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
N°4	4.76	137.19	8.17	8.17	91.83	95	-	100
N°8	2.36	371.00	22.08	30.25	69.75	80	-	100
N°16	1.18	249.60	14.86	45.11	54.89	50	-	85
N°30	0.60	223.50	13.30	58.41	41.59	25	-	60
N°50	0.30	310.30	18.47	76.89	23.11	5	-	30
N°100	0.15	264.90	15.77	92.65	7.35	0	-	12
cazoleta		123.40	7.35	100.00	0.00			
Total		1679.89						
mf=		3.11						

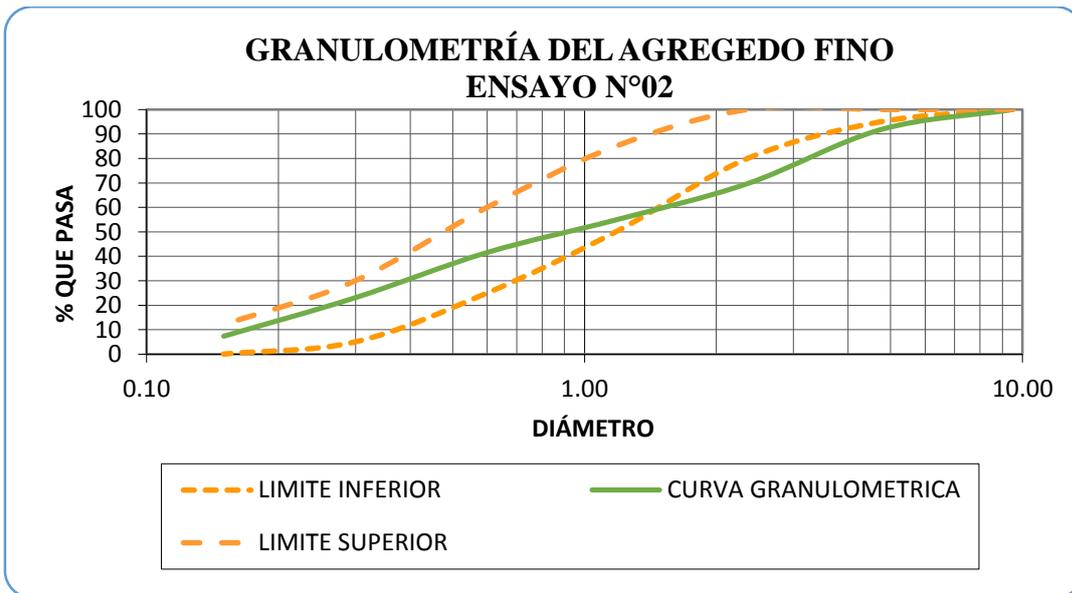


Figura N° 29: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 02

Tabla N° 40: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 03

TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.		% Q. Pasa	Huso granulométrico		
#	(mm)		Parcial	Acumul.			-	
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
N°4	4.76	150.50	8.55	8.55	91.45	95	-	100
N°8	2.36	385.00	21.87	30.42	69.58	80	-	100
N°16	1.18	265.00	15.06	45.48	54.52	50	-	85
N°30	0.60	225.00	12.78	58.26	41.74	25	-	60
N°50	0.30	319.60	18.16	76.42	23.58	5	-	30
N°100	0.15	280.00	15.91	92.33	7.67	0	-	12
cazoleta		135.00	7.67	100.00	0.00			
Total		1760.10						
mf=		3.11						

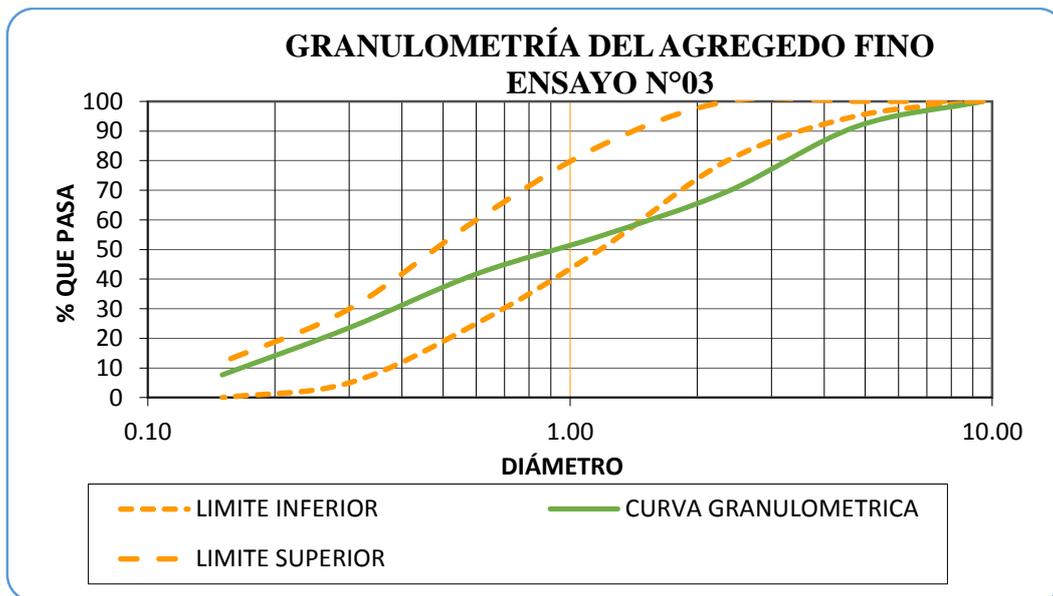


Figura N° 30: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 03

Tabla N° 41: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 01.

TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.		% Q. Pasa	Huso granulométrico		
#	(mm)		Parcial	Acumul.				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	-	100
½"	12.70	2855.00	57.10	57.10	42.90	40	-	70
⅜"	9.51	1590.30	31.81	88.91	11.09	0	-	15
N° 4	4.76	495.00	9.90	98.81	1.19	0	-	5
cazoleta		59.70	1.19	100.00	0.00			
Total		5000.00						
mf=		6.88						

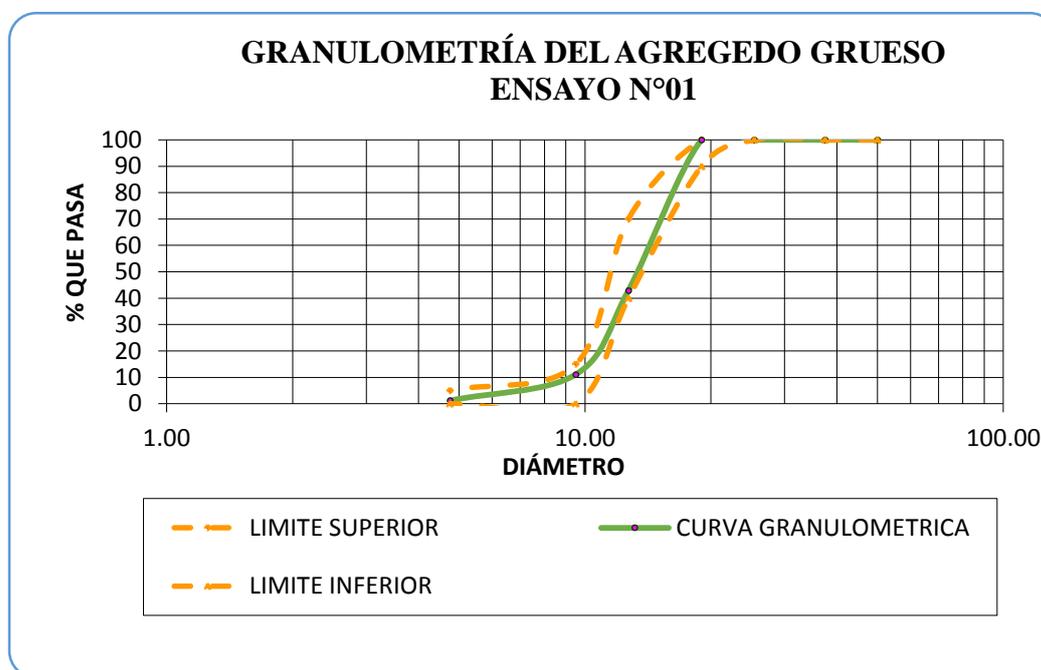


Figura N° 31 : Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 01

Tabla N° 42: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 02.

TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.		% Q. Pasa	Huso granulométrico		
#	(mm)		Parcial	Acumul.				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	-	100
½"	12.70	1407.00	46.90	46.90	53.10	40	-	70
3/8"	9.51	1293.90	43.13	90.03	9.97	0	-	15
N° 4	4.76	292.90	9.76	99.79	0.21	0	-	5
cazoleta		6.20	0.21	100.00	0.00			
Total		3000.00						
mf=		6.90						

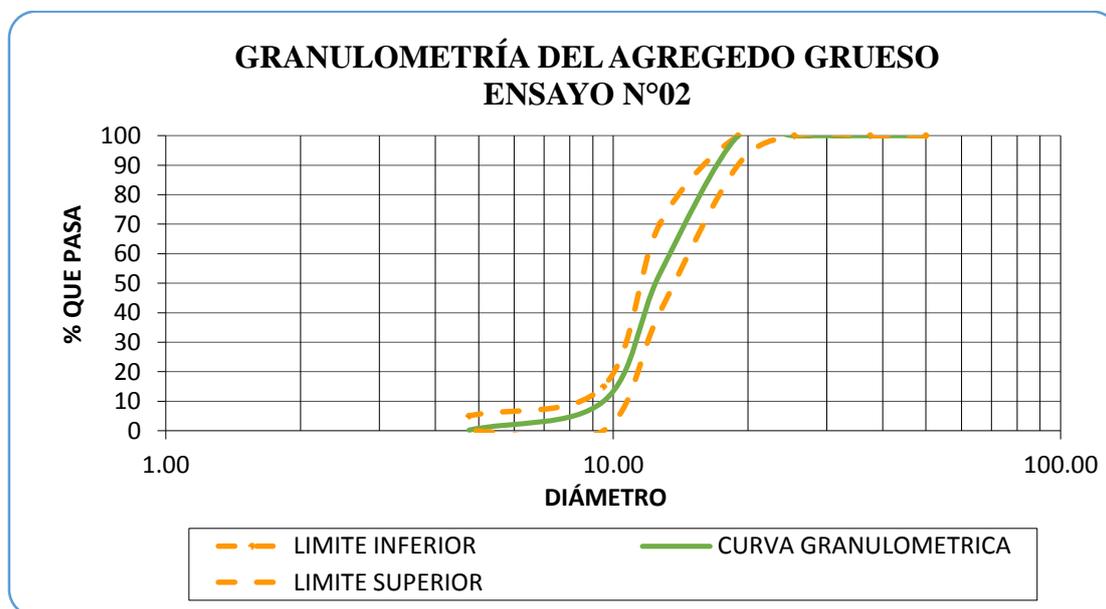


Figura N° 32: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 02

Tabla N° 43: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 03.

TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.		% Q. Pasa	Huso granulométrico		
#	(mm)		Parcial	Acumul.				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	-	100
½"	12.70	1270.69	42.36	42.36	57.64	40	-	70
3/8"	9.51	1355.30	45.18	87.53	12.47	0	-	15
N° 4	4.76	367.41	12.25	99.78	0.22	0	-	5
cazoleta		6.60	0.22	100.00	0.00			
Total		3000.00						
mf=		6.87						

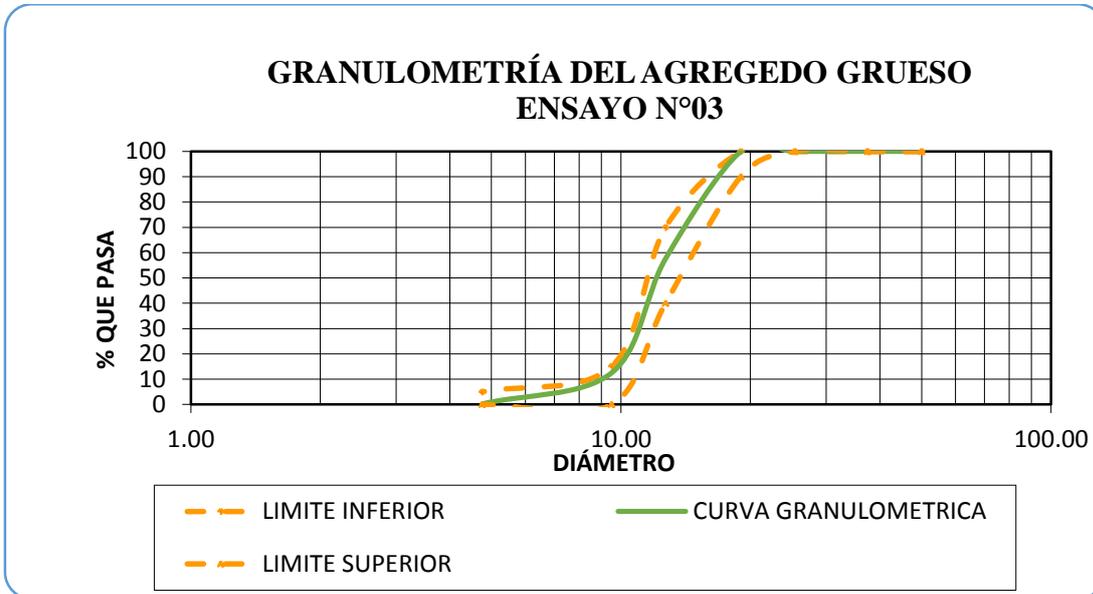


Figura N° 33: Curva granulométrica del agregado grueso - Ensayo N° 03

Tabla N° 44: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino

DESCRIPCIÓN	E - 01	E - 02	E - 03	PROMEDIO
Peso del Material seco antes del ensayo (gr)	2278.60	2196.20	2074.60	
Peso del Material seco después del ensayo (gr)	2208.60	2126.60	2011.60	
Peso de la muestra lavada	70	69.6	63	
Peso de material que pasa tamiz N° 200(gr)	3.07%	3.17%	3.04%	3.09%

Tabla N° 45: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	E - 01	E - 02	E - 03	PROMEDIO
Peso del Material seco antes del ensayo (gr)	5294.20	5134.60	5042.40	
Peso del Material seco después del ensayo (gr)	5250.40	5090.20	5002.10	
Peso de la muestra lavada	43.8	44.4	40.3	
Peso de material que pasa tamiz N° 200(gr)	0.83%	0.86%	0.80%	0.83%

Tabla N° 46: Resultado de densidad relativa y absorción de agregado fino.

ENSAYO	FÓRMULA	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
W.=Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	-----	493.00	493.10	493.20	
V=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	-----	500.00	500.00	500.00	
Va=Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	-----	310.50	309.00	308.50	
a. Peso específico de masa (gr/cm ³)	$\frac{W}{(V - Va)}$	2.60	2.58	2.58	2.59
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm ³)	$\frac{500}{(V - Va)}$	2.64	2.62	2.61	2.62
c. Peso específico aparente. (gr/cm ³)	$\frac{W_o}{(V - Va) - (500 - W_o)}$	2.70	2.68	2.67	2.68
d. Absorción (%)	$\frac{500 - W_o}{W_o}$	1.42	1.40	1.38	1.40

Tabla N° 47: Resultado de densidad relativa y absorción de agregado grueso.

ENSAYO	FÓRMULA	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	-----	5230.00	5295.00	5190.00	
B=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	-----	5285.00	5300.00	5225.00	
C=Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	-----	3275.00	3265.00	3235.00	
a. Peso específico de masa (gr/cm3)	$\frac{A}{(B - C)}$	2.60	2.60	2.61	2.60
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm3)	$\frac{B}{(B - C)}$	2.63	2.60	2.63	2.62
c. Peso específico aparente (gr/cm3)	$\frac{A}{(A - C)}$	2.68	2.61	2.65	2.65
d. Absorción (%)	$\frac{(B - A)}{A}$	1.05	0.09	0.67	0.61

Tabla N° 48: Resultados de contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Formula	E - 01	E - 02	E - 03	PROMEDIO
Peso Tara	Pt	85	90	85	
Peso Tara + muestra Húmeda	Pt+mh	865	950	860	
Peso de la Muestra Húmeda	mh	780	860	775	
Peso de Tara + Muestra Seca	Pt+ms	760	675	765	
Peso de la Muestra secada al horno (gr)	ms	750	835	750	
Peso del agua perdida (gr)	CA=(mh-ms)	30	25	25	
Contenido de Humedad (%)	$\frac{CA}{ms} * 100$	4.00%	2.99%	3.33%	3.44%

Nota: Los contenidos de humedad aquí presentados, corresponden a la primera determinación, pues esta propiedad se ha determinado para cada tanda preparada.

Tabla N° 49: Resultados de contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Formula	E - 01	E - 02	E - 03	PROMEDIO
Peso Tara	Pt	170	150	165	
Peso Tara + muestra Húmeda	Pt+mh	1650	1610	1720	
Peso de la Muestra Húmeda	mh	1480	1460	1555	
Peso de Tara + Muestra Seca	Pt+ms	1640	1600	1700	
Peso de la Muestra secada al horno (gr)	ms	1470	1450	1550	
Peso del agua perdida (gr)	CA=(mh-ms)	10	10	5	
Contenido de Humedad (%)	$\frac{CA}{ms} * 100$	0.68%	0.69%	0.32%	0.56%

Nota: Los contenidos de humedad aquí presentados, corresponden a la primera determinación, pues esta propiedad se ha determinado para cada tanda preparada.

Tabla N° 50: Peso específico del agua para determinar el Factor Agua “f”.

Calculo del peso específico del agua	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
Peso de fiola+agua (gr)	710.70	710.65	710.70	
Peso de fiola (gr)	212.80	212.70	212.75	
Peso de agua (gr)	497.90	497.95	497.95	
Volumen fiola (cm3)	500.00	500.00	500.00	
Peso específico=W/V (gr/cm3)	0.9958	0.9959	0.9959	
P.e en (gr/m3)	995.80	995.90	995.90	995.87

Tabla N° 51: Factor Agua “f” para determinar los Pesos Unitarios.

Calculo del factor f	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
Peso del molde más agua (gr)	77776.00	77776.10	77776.00	
Peso del molde (gr)	4750.000	4745.00	4750.00	
Peso del Agua (gr)	3025.000	3020.000	3025.000	
Peso Agua (gr/cm3)=	995.867	995.867	995.867	
>>> f (1/m3) =	0.000329	0.000330	0.000329		0.000329

Tabla N° 52: Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.

ENSAYO	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
Peso del recipiente (gr)	3890.000	3890.000	3890.000	
Peso del recipiente + muestra (gr)	8895.000	8895.000	8890.000	
Peso de muestra (gr)	5005.000	5005.000	5000.000	
f	0.000329	0.000329	0.000329	
PUS gr/m3	1.65	1.65	1.65		1.65 gr/m3

Tabla N° 53: Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso.

	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
Peso del recipiente (gr)	3890.000	3890.000	3890.000	
Peso del recipiente + muestra (gr)	8155.000	8150.000	8150.000	
Peso de muestra (gr)	4265.000	4260.000	4260.000	
f	0.000329	0.000329	0.000329	
PUS gr/m3	1.40	1.40	1.40		1.40 gr/m3

Tabla N° 54: Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	E - 01	E - 02	E - 03	PROMEDIO
Peso del Molde (gr)	3890.000	3890.000	3890.000	
Peso del Molde + Material (gr)	9235.000	9240.000	9240.000	
Peso del Material (gr)	5345.000	5350.000	5350.000	
Factor (F)	0.000329	0.00033	0.000329	
Peso Unitario Compactado (gr/m3)	1.760	1.761	1.761	1.76 gr/m3

Tabla N° 55: Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	E - 01	E - 02	E - 03	PROMEDIO
Peso del Molde (gr)	3890.000	3890.000	3890.000	
Peso del Molde + Material (gr)	8490.000	8495.000	8490.000	
Peso del Material (gr)	4600.000	4605.000	4600.000	
Factor (F)	0.000329	0.000329	0.000329	
Peso Unitario Compactado (gr/m3)	1.514	1.516	1.514	1.51 gr/m3

Tabla N° 56: Resultado del porcentaje de desgaste del agregado grueso.

ENSAYO	E-01	E-02	E-03	PROMEDIO
Peso de muestra Seca (gr)	5000.00	5000.00	5000.00	
Wo=Peso de muestra Seca + recipiente (gr)	3380.50	3370.00	3375.00	
Recipiente (gr)	305.50	305.50	305.50	
Wf=Peso de muestra seca final (gr)	3075.00	3064.50	3069.50	
Abrasión (%) = $\frac{(W_o-W_f)}{W_o} * 100$	38.50%	38.71%	38.61%	38.61%

ANEXO III: HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO GLENIUM C 313



The Chemical Company

GLENIUM® C 313

Aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango, de nueva generación

USOS RECOMENDADOS

- Hormigón prefabricado de alta calidad
- Hormigón premezclado de altas prestaciones.
- Hormigones pretensado
- Para obtener hormigones de alta calidad.
- Elaborar hormigones con alta resistencias tempranas y finales.
- Para Obra Civil.

DESCRIPCIÓN

El GLENIUM C 313 es un aditivo superplas-tificante reductor de agua de alto rango basado en éteres policarboxílicos modificados.

VENTAJAS

- Gran poder fluidificante.
- Gran versatilidad de efecto según la dosificación empleada, obteniendo rendimientos de superfluidificantes normal hasta rendimientos de superfluidificantes de alto rango con solo incrementar la dosificación.
- Muy buen mantenimiento de la consistencia, incluso con áridos absorbentes y cementos rápidos.
- No provoca retrasos de fraguado.
- Mejora la impermeabilidad del hormigón.
- Incrementa la durabilidad
- Reduce la porosidad y mejora el acabado superficial.
- Reduce el riesgo de segregación y sangrado incluso a elevada consistencia.
- Mejora las resistencias mecánicas.
- Excelente cohesión.

APLICACION

Dosificación

La dosificación habitual de GLENIUM C 313 es de 0.5 a 2.5 % sobre peso de cemento. Estas dosificaciones pueden ampliarse o reducirse en función de las necesidades de fluidificación, reducción de agua y resistencias iniciales y finales deseadas.

Se recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima.

Mezclado

Es recomendable añadir GLENIUM® C 313 con la última parte del agua de amasado para agilizar la dispersión, aunque puede adicionarse conjuntamente con el agua de amasado o incluso directamente al camión hormigonero (en este caso precisará un tiempo mínimo de mezclado) Evitar añadir el aditivo al agregado seco o áridos.

DATOS TECNICOS

Aspecto físico	Líquido marrón claro
Densidad	1.03 +/-0.02 g/cm ³
pH	6 +/- 1
Viscosidad	< 50 cps
Punto de Congelación	0° C

ALMACENAMIENTO

Almacenar en lugar fresco y seco, con temperaturas superiores a + 5°C.

En estas condiciones GLENIUM® C 313 puede almacenarse hasta 18 meses. Si el GLENIUM C® 313 se congela, llévese a una temperatura de 20 °C o más, agítese hasta que este completamente reconstituido.

No use aire comprimido para agitarlo.

EMPAQUE

Tambores de 200 kg, baldes de 20 kg y contenedores de 1100 kg.



The Chemical Company

SEGURIDAD

Riesgos

Puede causar irritación en ojos y piel.

Precauciones

Se recomienda usar lentes de seguridad con protectores laterales mientras está aplicando el producto. Use guantes de goma o látex. La selección de elementos tales como botas y delantal, dependerá de la operación.

No es inflamable ni combustible. Como todo producto químico debe mantenerse alejado del alcance de los niños.

Ante derrames, use equipo protector adecuado. Elimine la pérdida, endique el derrame y recójalo para almacenarlo como desecho. Limpie la mancha residual con agua.

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de hormigón con características especiales de desempeño, consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals.

ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO 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



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016
(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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

ANEXO V: CERTIFICADO DEL LABORATORIO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE
MATERIALES DE ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que, la Bachiller en Ingeniería Civil: **Marisol BUSTAMANTE TIRADO**, con DNI N°44214067. Ex alumna de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca; ha registrado su asistencia en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, durante los meses de: Junio - Noviembre del 2016, desarrollando los ensayos correspondientes de la tesis profesional denominada **"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE, USANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE GLENIUM C 313"**, cuyos resultados constan en este laboratorio.

Se expide el presente, a la solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Cajamarca, Noviembre del 2016



ANEXO VI: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 57: Resistencia a la compresión promedio

$f'c$ (kg / cm ²)	$f'cr$ (kg / cm ²)
Menor de 214.20	$f'c + 71.4$
214.20 a 357.00	$f'c + 86.7$
Mayor de 357.00	$1.1f'c + 51$

Fuente: Diseño de mezclas – Riva López.

Tabla N° 58: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	$\geq 5"$	Muy Trabajable

Fuente: Diseño de mezclas – Riva López.

Tabla N° 59: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada

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

Fuente: Diseño de mezclas – Riva López.

Tabla N° 60: Relación agua/cemento por resistencia

f cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Diseño de mezclas – Riva López.

Tabla N° 61: Módulo de finura de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de finura de la combinación de los agregados para los contenidos de cemento en saco / m3 indicados.			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.89
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.38

Estos valores están referidos al agregado grueso, adecuadamente graduado con un contenido de vacíos del orden del 35% .Los valores deben incrementarse o disminuirse en porcentaje de vacíos. 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Los valores de esta tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimento o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables deben ser incrementados en 0.2.

Fuente: Universidad de Maryland (Diseño de mezclas. Rivva López)

Tabla N° 62. Límites de sustancia permisibles en el agua de mezcla o curado.

Descripción	Límites permisibles
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄ ⁻²)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl ⁻¹)	1000 ppm máximo
pH	entre 5.0 y 8.0
De preferencia el agua a emplear debe ser potable.	

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

ANEXO VII: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla N° 63. Diseño de mezcla del concreto para ajuste de mezclas de prueba.

CEMENTO:	TIPO I PACASMAYO	Peso Especifico=	3.11 gr/m ³
AGUA		Peso Especifico=	1.00 gr/m ³
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION			
fc=	300.00 kg/m ³	fc=	360.00 kg/m ³
ADITIVO	GLENIUM C313	Peso Especifico=	1.05 gr/m ³
CARACTERISTICAS		A. FINO	A. GRUESO
MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO		3.12	6.88
PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO		2.59	2.60
PORCENTAJE DE HUMEDAD		3.44	0.56
ABSORCIÓN DE AGUA		1.41	0.87
PESO UNITARIO SUELTO SECO		1.65	1.40
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		-	0.5
DISEÑO DE MEZCLA			
ASENTAMIENTO =		5"-7"	
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCALDO=		228.00 L/m ³	
AIRE TOTAL=		2.5	
RELACION A/C=		0.47	
CEMENTO=		485.11 kg/m ³	= 11.41 Bolsas/m ³
Cálculo de los volumens absolutos de los elementos de la pasta		Cemento=	0.1560 m ³
		Agua =	0.2280 m ³
		Aire(%)=	0.0250 m ³
		SUMA	0.4090 m ³
Volumen absoluto de los agregados		V. Absoluto=	0.591 m ³
Módulo de finura de la Combinación de Agregados		Contenido de Cemento	11.41 Bolsas/m ³
		TMN	1/2"
		MFA	4.87
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.		% AF	53.48
Volúmenes absolutos de los Agregados.		AF=	0.3161 m ³
		AG =	0.2749 m ³
Correccion de los agregados por sobregravoza		AF=	0.3436 m ³
		AG =	0.2474 m ³
Peso Seco de los Agregados.		AF=	889.85 kg/m ³
		AG =	643.36 kg/m ³
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.		Cemento=	485.11 kg/bolsa
		Agua de diseño =	228.00 lt/bls
		Glenium C313=	0.00 lt/bls
		AF seco=	889.85 kg/m ³
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		AG seco =	643.36 kg/m ³
		Cemento=	42.50 kg/bolsa
		Agua de diseño =	19.975 lt/bls
		Glenium C313=	0.00 lt/bls
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado		AF seco=	77.96 kg/m ³
		AG seco =	56.36 kg/m ³
		Cemento=	1
		Agua de diseño =	0.47
		Glenium C313=	0.00
		AF seco=	1.83
		AG seco =	1.33 lt/bls

Tabla N° 64. Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba.

CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Materiales de Diseño	Cemento	:	485.11 Kg/m ³
	Agua de diseño	:	228.00 lt/m ³
	Glenium C313	:	0.00 lt/m ³
	Agregado Fino seco	:	889.85 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco	:	643.36 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	3.44 %
	Agregado Grueso	:	0.56 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.41 %
	Agregado Grueso	:	0.87 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	:	920.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso	:	647.00 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	2.03 %
	Agregado Grueso	:	-0.31 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	18.10 lt/m ³
	Agregado Grueso	:	-2.00 lt/m ³
	Aporte Total	:	16.10 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva	:	211.90 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m³	Cemento	:	485.11 Kg/m ³
	Agua Efectiva	:	211.90 lt/m ³
	Glenium C313	:	0.00 lt/m ³
	Agregado Fino Húmedo	:	920.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo	:	647.00 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva		:	0.44
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	:	42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva	:	18.6 lt/bls
	Glenium C313	:	0.00 lt/bls
	Agregado fino húmedo	:	80.6 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	:	56.7 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	:	1
	Glenium C313	:	0.00 lt / saco
	Agregado fino húmedo	:	1.90
	Agregado grueso húmedo	:	1.33
	Agua Efectiva	:	18.6 lt / saco

Tabla N° 65. Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados

CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE			
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	3.44 %
	Agregado Grueso	:	0.56 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.41 %
	Agregado Grueso	:	0.87 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	2.03 %
	Agregado Grueso	:	-0.31 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento	:	10.25 Kg/tanda
	Agua de diseño	:	4.56 lt/tanda
	Glenium C313	:	0.00 lt/tanda
	Agregado Fino seco	:	16.33 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco	:	13.88 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento	:	10.25 Kg/tanda
	Agua Efectiva	:	4.27 lt/tanda
	Glenium C313	:	0.00 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	:	16.89 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	:	13.96 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia	:	Ligeramnete Sobregravosa
	Asentamiento	:	10.00 cm
	Agua adicional	:	180.00 cm3
	Contenido de Aire	:	0.38 %
	Peso Unitario del Concreto	:	2300.00 Kg/m3
Tanda de mezclado	Cemento	:	10.25 Kg/tanda
	Agua Añadida	:	4.45 lt/tanda
	Glenium C313	:	0.00 Kg/tanda
	Agregado fino húmedo	:	16.89 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	:	13.96 Kg/tanda
	Peso de la Colada	:	45.55 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimiento de la tanda	:	0.01981 m3/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino	:	0.33 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso	:	-0.04 lt/tanda
	Agua Añadida	:	4.45 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda	:	4.74 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3	:	239.37 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado	:	15.00 cm
	Asentamiento obtenido	:	10.00 cm
	Incrementar asentamiento en	:	5.00 cm
	Incrementar el agua de mezcla en	:	10.00 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3	:	249.37 lt/m3
Corrección por contenido de aire (Incremento de 2 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado	:	2.50 %
	Contenido de aire obtenido	:	0.38 %
	Incrementar el contenido de aire en	:	2.12 %
	Disminuir el agua de mezcla en	:	4.24 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3	:	253.61 lt/m3
Corrección por apariencia de la mezcla (Mezcla Sobregravosa)	Agua de diseño	:	0.2494 m3
	Cemento	:	0.1832 m3
	Glenium C313	:	0.0000 m3
	Aire atrapado	:	0.0250 m3
	Agregado grueso	:	0.2270 m3
	Agregado fino	:	0.3155 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	:	249.37 lt/m3
	Cemento	:	569.75 Kg/m3
	Glenium C313	:	0.00 lt/m3
	Agregado grueso	:	590.07 Kg/m3
	Agregado fino	:	817.09 Kg/m3
	Aire atrapado	:	2.50 %

Tabla N° 66. Corrección por variación de la resistencia debido al grado de hidratación del concreto

CORRECCIÓN POR RESISTENCIA				
CEMENTO:	TIPO I PACASMAYO	Peso Especifico=	3.11 gr/m3	
AGUA		Peso Especifico=	1.00 gr/m3	
GLENIUM C313		Peso Especifico=	1.05 gr/m3	
CARACTERISTICAS		A. FINO	A. GRUESO	UNIDAD
MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO		3.12	6.88	gr/cm3
PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO		2.59	2.60	gr/cm3
PORCENTAJE DE HUMEDAD		3.44	0.56	w %
ABSORCIÓN DE AGUA		1.41	0.87	%
PESO UNITARIO SUELTO SECO		1.65	1.40	gr/cm3
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		-	0.5	
ASENTAMIENTO =		5"-7"		
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCALDO=		249.86 L/m3		
AIRE TOTAL=		2.5		
RELACION A/C=		0.45		
CEMENTO=		555.24 kg/m3	=	13.06 Bolsas/m3
ley de powerd	$S = 2380X^3$		$X = \frac{0.647\alpha}{0.319\alpha + a/c}$	
Resietncia a las 7 días	especimen 1	245.25	kg/cm2	
	especimen 2	245.30	kg/cm2	
	especimen 3	342.15	kg/cm2	
	resietncia promedio	277.57	kg/cm2	
Probable resistencia a los 28 días (1.3 de la resistencia a los 7 días)		360.84	kg/cm2	
calculo del grado de hidratacion α		calculo de la nueva a/c		
a/c 0.45				
s= 360.84		s= 300		
		x= 0.50		
x= 0.53		α = 0.50		
ecuac 0.48		a/c= 0.49		
α= 0.50				
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.		Cemento=	555.24	kg/bolsa
		Agua de diseño =	249.86	lt/bls
		Glenium C313=	0.00	lt/bls
		AG seco=	594.61	kg/m ³
		GF seco=	821.10	kg/m ³ 2
		Aire atrapado =	2.50	%

Tabla N° 67. Diseño de mezcla del concreto con adición de 0.5% de aditivo del peso del cemento

CARACTERISTICAS		A. FINO	A. GRUESO	UNIDAD
MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO		3.12	6.88	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO		2.59	2.60	gr/cm ³
PORCENTAJE DE HUMEDAD		3.44	0.56	w %
ABSORCIÓN DE AGUA		1.41	0.87	%
PESO UNITARIO SUELTO SECO		1.65	1.40	gr/cm ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		-	0.5	
CEMENTO:	TIPO I PACASMAYO	Peso Especifico=		3.11 gr/m ³
AGUA		Peso Especifico=		1.00 gr/m ³
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION				
fc=	300.00 kg/m ³	fcr=	386.70 kg/m ³	
ADITIVO	GLENIUM C313	Peso Especifico=		1.05 gr/m ³
Materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Agua de diseño =	249.86	kg/bolsa
		Cemento=	555.2444	lt/bls
		Glenium C313=	0.0000	lt/bls
		AG seco =	594.6100	kg/m ³
		AF seco=	821.1000	kg/m ³
Volúmen absoluto de materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Aire atrapado=	2.500	%
		Agua de diseño =	0.250	m ³
		Cemento=	0.179	m ³
		Glenium C313=	0.000	m ³
		AG seco =	0.229	m ³
Reduccion del 15 % del Agua de mezcla por el uso del Glenium C313		AF seco=	0.317	m ³
		Aire atrapado=	0.025	m ³
		Agua de diseño=	249.86	lt/m ³
		Nueva agua de diseño=	212.381	lt/m ³
		Relacion A/C de ajuste=	0.49	lt/m ³
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.5% de Glenium C 313		Nuevo peso del cemento=	433.431	Kg/m ³
		Nueva agua de diseño=	0.2103	kg/bolsa
		Nuevo cemento=	0.1394	lt/bls
		Glenium C313=	0.0021	lt/bls
		Aire atrapado=	0.0250	kg/m ³
Porcentaje de Agregados de diseño		AG seco =	41.907	%
		AF seco=	58.093	%
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.5% de Glenium C 313		Nueva Agua de diseño =	0.2103	m ³
		Nuevo Cemento=	0.1394	m ³
		Glenium C313=	0.0021	m ³
		Aire atrapado=	0.025	m ³
		AG seco =	0.2612	m ³
Proporción en peso de los materiales de diseño		AF seco=	0.3621	m ³
		Agua de diseño	210.32	lt/m ³
		Cemento=	433.43	kg/m ³
		Glenium C313=	2.17	lt/m ³
		AG seco =	679.08	kg/m ³
		AF seco=	937.75	kg/m ³
		Aire atrapado=	2.50	%

Tabla N° 68. Diseño de mezcla del concreto con adición de 1 % de aditivo del peso del cemento

CARACTERISTICAS		A. FINO	A. GRUESO	UNIDAD
MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO		3.12	6.88	gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO		2.59	2.60	gr/cm ³
PORCENTAJE DE HUMEDAD		3.44	0.56	w %
ABSORCIÓN DE AGUA		1.41	0.87	%
PESO UNITARIO SUELTO SECO		1.65	1.40	gr/cm ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		-	0.5	
CEMENTO:	TIPO I PACASMAYO	Peso Especifico=		3.11 gr/m ³
AGUA		Peso Especifico=		1.00 gr/m ³
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION				
fc=	300.00 kg/m ³	fcr=	386.70 kg/m ³	
ADITIVO	GLENIUM C313	Peso Especifico=		1.05 gr/m ³
Materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Agua de diseño =	249.86	kg/bolsa
		Cemento=	555.2444	lt/bls
		Glenium C313=	0.0000	lt/bls
		AG seco =	594.6100	kg/m ³
		AF seco=	821.1000	kg/m ³
Volúmen absoluto de materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Aire atrapado=	2.500	%
		Agua de diseño =	0.250	m ³
		Cemento=	0.179	m ³
		Glenium C313=	0.000	m ³
		AG seco =	0.229	m ³
Reduccion del 15 % del Agua de mezcla por el uso del Glenium C313		AF seco=	0.317	m ³
		Aire atrapado=	0.025	m ³
		Agua de diseño=	249.86	lt/m ³
		Nueva agua de diseño=	212.381	lt/m ³
		Relacion A/C de ajuste=	0.49	lt/m ³
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 1% de Glenium C 313		Nuevo peso del cemento=	433.431	Kg/m ³
		Nueva agua de diseño=	0.2083	kg/bolsa
		Nuevo cemento=	0.1394	lt/bls
		Glenium C313=	0.0041	lt/bls
		Aire atrapado=	0.0250	kg/m ³
Porcentaje de Agregados de diseño		AG seco =	41.907	%
		AF seco=	58.093	%
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 1% de Glenium C 313		Nueva Agua de diseño =	0.2083	m ³
		Nuevo Cemento=	0.1394	m ³
		Glenium C313=	0.0041	m ³
		Aire atrapado=	0.025	m ³
		AG seco =	0.2612	m ³
Proporción en peso de los materiales de diseño		AF seco=	0.3621	m ³
		Agua de diseño	208.25	lt/m ³
		Cemento=	433.43	kg/m ³
		Glenium C313=	4.33	lt/m ³
		AG seco =	679.08	kg/m ³
		AF seco=	937.75	kg/m ³
		Aire atrapado=	2.50	%

Tabla N° 69. Diseño de mezcla del concreto con adición de 1.5% de aditivo del peso del cemento

CARACTERISTICAS		A. FINO	A. GRUESO	UNIDAD
MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO		3.12	6.88	gr/cm3
PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO		2.59	2.60	gr/cm3
PORCENTAJE DE HUMEDAD		3.44	0.56	w %
ABSORCIÓN DE AGUA		1.41	0.87	%
PESO UNITARIO SUELTO SECO		1.65	1.40	gr/cm3
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		-	0.5	
CEMENTO:	TIPO I PACASMAYO	Peso Especifico=		3.11 gr/m3
AGUA		Peso Especifico=		1.00 gr/m3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION				
fc=	300.00 kg/m3	fc=	386.70 kg/m3	
ADITIVO	GLENIUM C313	Peso Especifico=		1.05 gr/m3
Materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Agua de diseño =	249.86	kg/bolsa
		Cemento=	555.2444	lt/bls
		Glenium C313=	0.0000	lt/bls
		AG seco =	594.6100	kg/m³
		AF seco=	821.1000	kg/m³
Volúmen absoluto de materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Aire atrapado=	2.500	%
		Agua de diseño =	0.250	m³
		Cemento=	0.179	m³
		Glenium C313=	0.000	m³
		AG seco =	0.229	m³
Reduccion del 15 % del Agua de mezcla por el uso del Glenium C313		AF seco=	0.317	m³
		Aire atrapado=	0.025	m³
		Agua de diseño=	249.86	lt/m3
		Nueva agua de diseño=	212.381	lt/m3
		Relacion A/C de ajuste=	0.49	lt/m3
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 1.5 % de Glenium C 313		Nuevo peso del cemento=	433.431	Kg/m3
		Nueva agua de diseño=	0.2062	kg/bolsa
		Nuevo cemento=	0.1394	lt/bls
		Glenium C313=	0.0062	lt/bls
		Aire atrapado=	0.0250	kg/m³
Porcentaje de Agregados de diseño		AG seco =	41.907	%
		AF seco=	58.093	%
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 1.5% de Glenium C 313		Nueva Agua de diseño =	0.2062	m³
		Nuevo Cemento=	0.1394	m³
		Glenium C313=	0.0062	m³
		Aire atrapado=	0.025	m³
		AG seco =	0.2612	m³
Proporción en peso de los materiales de diseño		AF seco=	0.3621	m³
		Agua de diseño	206.19	lt/m³
		Cemento=	433.43	kg/m³
		Glenium C313=	6.50	lt/m³
		AG seco =	679.08	kg/m³
		AF seco=	937.75	kg/m³
		Aire atrapado=	2.50	%

Tabla N° 70. Diseño de mezcla del concreto con adición de 2.0 % de aditivo del peso del cemento

CARACTERISTICAS		A. FINO	A. GRUESO	UNIDAD
MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO		3.12	6.88	gr/cm3
PESO ESPECÍFICO DE MASA DEL AGREGADO		2.59	2.60	gr/cm3
PORCENTAJE DE HUMEDAD		3.44	0.56	w %
ABSORCIÓN DE AGUA		1.41	0.87	%
PESO UNITARIO SUELTO SECO		1.65	1.40	gr/cm3
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		-	0.5	
CEMENTO:	TIPO I PACASMAYO	Peso Especifico=		3.11 gr/m3
AGUA		Peso Especifico=		1.00 gr/m3
RESISTENCIA PROMEDI O A LA COMPRESION				
fc=	300.00 kg/m3	fc=	386.70 kg/m3	
ADITIVO	GLENIUM C313	Peso Especifico=		1.05 gr/m3
Materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Agua de diseño =	249.86	kg/bolsa
		Cemento=	555.2444	lt/bls
		Glenium C313=	0.0000	lt/bls
		AG seco =	594.6100	kg/m³
		AF seco=	821.1000	kg/m³
Volúmen absoluto de materiales de diseño con 0.00% de adición de Glenium C 313		Agua de diseño =	0.250	m³
		Cemento=	0.179	m³
		Glenium C313=	0.000	m³
		AG seco =	0.229	m³
		AF seco=	0.317	m³
Reduccion del 15 % del Agua de mezcla por el uso del Glenium C313		Agua de diseño=	249.86	lt/m3
		Nueva agua de diseño=	212.381	lt/m3
		Relacion A/C de ajuste=	0.49	lt/m3
		Nuevo peso del cemento=	433.431	Kg/m3
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 2 % de Glenium C 313		Nueva agua de diseño=	0.2041	kg/bolsa
		Nuevo cemento=	0.1394	lt/bls
		Glenium C313=	0.0083	lt/bls
		Aire atrapado=	0.0250	kg/m³
Porcentaje de Agregados de diseño		AG seco =	41.907	%
		AF seco=	58.093	%
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 2 % de Glenium C 313		Nueva Agua de diseño =	0.2041	m³
		Nuevo Cemento=	0.1394	m³
		Glenium C313=	0.0083	m³
		Aire atrapado=	0.025	m³
		AG seco =	0.2612	m³
Proporción en peso de los materiales de diseño		AF seco=	0.3621	m³
		Agua de diseño	204.13	lt/m³
		Cemento=	433.43	kg/m³
		Glenium C313=	8.67	lt/m³
		AG seco =	679.08	kg/m³
		AF seco=	937.75	kg/m³
		Aire atrapado=	2.50	%

ANEXO VIII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO

Tabla N° 71: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días del concreto patrón

DATOS DEL ESPECIMEN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPECIMENES PATRON(SIN ADITIVO)										PROMEDIO	
	CP-21	CP-22	CP-23	CP-24	CP-25	CP-26	CP-27	CP-28	CP-29	CP-30		
Tipo de espécimen	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico
Edad de ensayo	7 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días
Peso(kg)	3.75	3.7	3.78	3.81	3.76	3.82	3.82	3.78	3.79	3.85	.....
Diametro(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	.....
Altura(cm)	199	199	200	199	199	200	200	199	199	199	.....
Tipo de falla	Tipo-2	Tipo-3	Tipo-5	Tipo-2	Tipo-5	Tipo-2	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-2	Tipo-5	.....
Carga maxima de rotura(Tn)	25	24.5	25	25	24	23	24.5	24	23.8	25	.....
Esfuerzo de rotura(kg/cm ²)	305.58	305.58	318.31	318.31	305.58	292.85	311.94	305.58	303.03	318.31	308.507	
Modulo de elasticidad (kg/cm ²)	Norma E.060	262212	2622.12	267631	267619	262212	256691	264929	262212	261117	267619	237486.412
	Grafica	241309	251281	265258	261751	251281	244038	259953	259927	259927	262112	255683.7

Tabla N° 72: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación 1

DATOS DEL ESPECIMEN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPECIMENES CON ADITIVO(D-1)										PROMEDIO	
	D-1/N°21	D-1/N°22	D-1/N°23	D-1/N°24	D-1/N°25	D-1/N°26	D-1/N°27	D-1/N°28	D-1/N°29	D-1/N°30		
Tipo de espécimen	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico
Edad de ensayo	7 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días
Peso(kg)	3.8	3.82	3.85	3.83	3.8	3.8	3.83	3.82	3.8	3.85	.....
Diametro(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	.....
Altura(cm)	203	202	199	199	200	200	199	199	199	200	.....
Tipo de falla	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-4	Tipo-3	Tipo-5	Tipo-3	Tipo-4	Tipo-3	.....
Carga maxima de rotura(Tn)	27	26	26	26	27	27	26	27	27	27	.....
Esfuerzo de rotura(kg/cm ²)	243.77	331.04	331.04	331.04	343.77	343.77	331.04	343.77	343.77	343.77	328.678	
Modulo de elasticidad (kg/cm ²)	Norma E.060	278117	272919	272919	272919	278117	278117	272919	278117	278117	278117	276037.8
	Grafica	274779	233813	225608	218137	214859	229183	218137	234285	212457	214859	227611.7

Tabla N° 73: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación2

DATOS DEL ESPECIMEN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPECIMENES CON ADITIVO(D-2)										PROMEDIO	
	D-2/N°21	D-2/N°22	D-2/N°23	D-2/N°24	D-2/N°25	D-2/N°26	D-2/N°27	D-2/N°28	D-2/N°29	D-2/N°30		
Tipo de espécimen	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico
Edad de ensayo	7 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días
Peso(kg)	3.81	3.83	3.79	3.74	3.75	3.91	3.75	3.76	3.78	3.8	.....
Diametro(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	.....
Altura(cm)	200	200	199	199	200	200	199	201	200	199	.....
Tipo de falla	Tipo-2	Tipo-5	Tipo-2	Tipo-3	Tipo-3	Tipo-3	Tipo-5	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-2	.....
Carga maxima de rotura(Tn)	28	30	28	30	30	28	28	27	28	30	.....
Esfuerzo de rotura(kg/cm²)	356.51	381.97	356.51	381.97	381.97	356.51	356.51	343.77	356.51	369.24	364.147	
Modulo de elasticidad (kg/cm²)	Norma E.060	283221	293162	283221	293162	293162	283221	283121	278117	283221	288234	286184.2
	Grafica	242962	254648	242962	251697	254648	230005	281527	278624	230005	280453	254753.1

Tabla N° 74: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación3

DATOS DEL ESPECIMEN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPECIMENES CON ADITIVO(D-3)										PROMEDIO	
	D-3/N°21	D-3/N°22	D-3/N°23	D-3/N°24	D-3/N°25	D-3/N°26	D-3/N°27	D-3/N°28	D-3/N°29	D-3/N°30		
Tipo de espécimen	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico
Edad de ensayo	7 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días
Peso(kg)	3.77	3.78	3.87	3.85	3.81	3.78	3.76	3.75	3.78	3.75	.....
Diametro(mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	.....
Altura(cm)	201	201	199	199	199	201	199	199	200	201	.....
Tipo de falla	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-5	Tipo-2	Tipo-3	Tipo-3	Tipo-5	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-3	.....
Carga maxima de rotura(Tn)	23	22	24	23	24	24	23	22	23	20.4	.....
Esfuerzo de rotura(kg/cm²)	292.85	280.11	305.58	292.85	305.58	305.58	292.85	280.11	292.85	259.74	290.81	
Modulo de elasticidad (kg/cm²)	Norma E.060	256691	251049	262212	256691	262212	262212	256691	251049	256691	241747	255724.5
	Grafica	247319	246941	251281	240811	251281	258072	240811	240269	244038	239486	246030.9

Tabla N° 75: Resultados de los especímenes a compresión a los 28 días- dosificación 4

DATOS DEL ESPECIMEN		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPECIMENES CON ADITIVO(D-3)										PROMEDIO
		D-4/N°21	D-4/N°22	D-4/N°23	D-4/N°24	D-4/N°25	D-4/N°26	D-4/N°27	D-4/N°28	D-4/N°29	D-4/N°30	
Tipo de espécimen		cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	cilíndrico	.....
Edad de ensayo		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	.....
Peso(kg)		3.78	3.8	3.81	3.76	3.77	3.8	3.8	3.78	3.8	3.78	.....
Diametro(mm)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	.....
Altura(cm)		202	201	199	199	199	200	199	199	199	200	.....
Tipo de falla		Tipo-3	Tipo-2	Tipo-5	Tipo-5	Tipo-3	Tipo-3	Tipo-2	Tipo-2	Tipo-3	Tipo-3	.....
Carga maxima de rotura(Tn)		21	19.5	21	20.4	20	19.5	20	21	21	18	.....
Esfuerzo de rotura(kg/cm²)		267.38	248.28	267.38	229.18	254.65	216.45	254.65	267.38	267.38	229.18	250.191
Modulo de elasticidad (kg/cm²)	Norma E.060	245277	236354	245277	227082	239365	225711	239365	245277	245277	227082	237606.7
	Grafica	188849	228920	239679	213589	228265	225711	228265	239679	239679	218270	225090.6

Tabla N° 76: Resultados de los especímenes a flexión –concreto patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPÉCIMEN PATRÓN(SIN ADITIVO)						
DATOS DE ESPECÍMENES		NOMENCLATURA				
		CP-11	CP-12	CP-13	CP-14	CP-15
Tipo de espécimen		Prismático	Prismático	Prismático	Prismático	prismático
Edad de ensayo		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño		300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3
Altura(mm)		495.00	500.00	498.00	500.00	500.00
Arista(cm)		15.9	15	15	14.9	15
Peso(kg)		26.45	27.1	26.4	26.8	26.5
Carga máxima de rotura(Tn)		2450.00	2450.00	2400.00	2400.00	2400.00
Esfuerzo de rotura(kg/cm²)		34.78	34.93	32.92	34.28	34.67
Fisura probeta luego del ensayo	Ancho(mm)	3.10	2.90	3.15	1.80	2.70
	Largo(mm)	148.00	148.00	150.00	149.00	149.00

Tabla N° 77: Resultados de los especímenes a flexión –concreto con adición de Aditivo D-1

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPÉCIMEN CON ADITIVO(D-1)						
DATOS DE ESPECÍMENES		NOMENCLATURA				
		D-1/N°11	D-1/N°12	D-1/N°13	D-1/N°14	D-1/N°15
Tipo de espécimen		prismático	prismático	prismático	prismático	prismático
Edad de ensayo		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño		300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3
Altura(mm)		498.00	498.00	500.00	501.00	500.00
Arista(cm)		15	15	15	15	15
Peso(kg)		26.25	26.25	26	26.4	26
Carga máxima de rotura(Tn)		2400.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00
Esfuerzo de rotura(kg/cm²)		34.78	38.36	34.53	36.88	36.80
Fisura probeta luego del ensayo	Ancho(mm)	2.80	2.50	2.10	2.00	1.90
	Largo(mm)	148.00	147.00	150.00	149.00	147.50

Tabla N° 78. Resultados de los especímenes a flexión – concreto con adición de Aditivo D-2

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPÉCIMEN CON ADITIVO(D-2)						
DATOS DE ESPECÍMENES		NOMENCLATURA				
		D-2/N°11	D-2/N°12	D-2/N°13	D-2/N°14	D-2/N°15
Tipo de espécimen		Prismático	Prismático	Prismático	Prismático	Prismático
Edad de ensayo		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño		300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3
Altura(mm)		498.00	498.00	500.00	501.00	500.00
Arista(cm)		15	15	15	15	15
Peso(kg)		26.25	26	26	26.4	26
Carga máxima de rotura(Tn)		2400.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00
Esfuerzo de rotura(kg/cm ²)		37.17	39.16	41.33	39.82	38.67
Fisura probeta luego del ensayo	Ancho(mm)	2.90	2.80	2.50	3.10	3.00
	Largo(mm)	150.00	149.00	148.50	147.00	148.00

Tabla N° 79. Resultados de los especímenes a flexión – concreto con adición de Aditivo D-3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN-ESPÉCIMEN CON ADITIVO(D-3)						
DATOS DE ESPECÍMENES		NOMENCLATURA				
		D-3/N°11	D-3/N°12	D-3/N°13	D-3/N°14	D-3/N°15
Tipo de espécimen		prismático	prismático	prismático	prismático	prismático
Edad de ensayo		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño		300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3
Altura(mm)		498.00	498.00	500.00	501.00	500.00
Arista(cm)		15	15	15	15	15
Peso(kg)		26.25	26.4	26	26.4	26
Carga máxima de rotura(Tn)		2400.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00
Esfuerzo de rotura(kg/cm ²)		30.80	33.72	29.20	33.81	30.00
Fisura probeta luego del ensayo	Ancho(mm)	1.90	2.50	1.80	1.90	2.20
	Largo(mm)	148.00	148.50	146.00	149.00	149.00

Tabla N° 80. Resultados de los especímenes a flexión – concreto con adición de Aditivo D-4

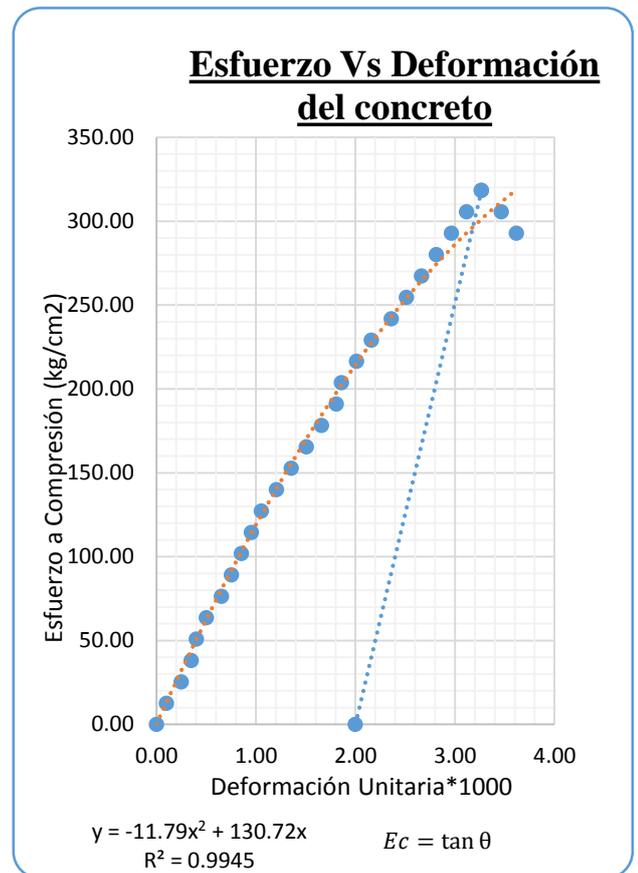
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN- ESPÉCIMEN CON ADITIVO(D-4)						
DATOS DE ESPECÍMENES	NOMENCLATURA					
	D-4/N°11	D-4/N°12	D-4/N°13	D-4/N°14	D-4/N°15	
Tipo de espécimen	prismático	prismático	prismático	prismático	prismático	
Edad de ensayo	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	
F'c de diseño	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	300kg/cm3	
Altura(mm)	498.00	500.00	500.00	501.00	500.00	
Arista(cm)	15	15	15	15	15	
Peso(kg)	26.25	26	26	26.4	26	
Carga máxima de rotura(Tn)	2400.00	2500.00	2500.00	2500.00	2500.00	
Esfuerzo de rotura(kg/cm ²)	28.54	26.13	28.53	28.46	29.07	
Fisura probeta luego del ensayo	Ancho(mm)	3.10	2.90	2.10	2.40	3.00
	Largo(mm)	148.00	150.00	150.00	149.00	149.00

ANEXO IX: GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	11/09/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	09/10/2016	Código:	CP-21	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	3.75	Altura (mm):	199.00	
Diámetro (cm):	10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.10	12.73	7.97
2.00	0.05	0.25	25.46	19.78
3.00	0.07	0.35	38.20	27.56
4.00	0.08	0.40	50.93	31.42
5.00	0.10	0.50	63.66	39.08
6.00	0.13	0.65	76.39	50.43
7.00	0.15	0.75	89.13	57.89
8.00	0.17	0.85	101.86	65.28
9.00	0.19	0.95	114.59	72.59
10.00	0.21	1.06	127.32	79.83
11.00	0.24	1.21	140.06	90.53
12.00	0.27	1.36	152.79	101.06
13.00	0.30	1.51	165.52	111.42
14.00	0.33	1.66	178.25	121.60
15.00	0.36	1.81	190.99	131.60
16.00	0.37	1.86	203.72	134.90
17.00	0.40	2.01	216.45	144.67
18.00	0.43	2.16	229.18	154.27
19.00	0.47	2.36	241.92	166.79
20.00	0.50	2.51	254.65	175.98
21.00	0.53	2.66	267.38	185.00
22.00	0.56	2.81	280.11	193.84
23.00	0.59	2.96	292.85	202.50
24.00	0.62	3.12	305.58	210.99
25.00	0.65	3.27	318.31	219.31
24.00	0.69	3.47	305.58	230.12
23.00	0.72	3.62	292.85	238.03

2.00	0.00
3.27	318.31

Ec= 251364 kg/cm²

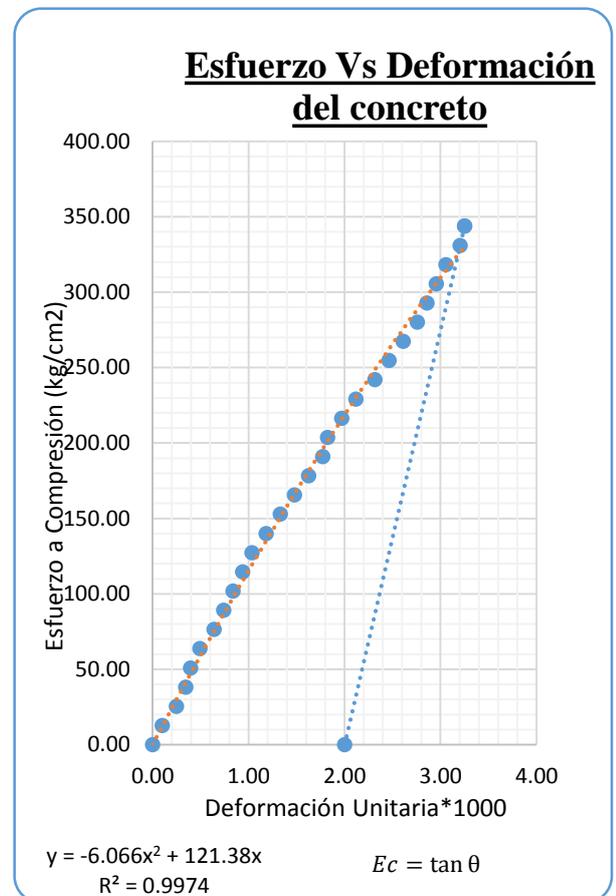


Ecuación:	Esf.= -11.79x ² + 130.72x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9945	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	318.31	
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	267619	Norma E.060
	251364	Gráfica

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (D-1)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	19/09/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	17/10/2016	Código:	D-1/21	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):	3.80	Altura (mm):	203.00	
Diámetro (cm):	10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.10	12.73	7.82
2.00	0.05	0.25	25.46	19.40
3.00	0.07	0.34	38.20	27.03
4.00	0.08	0.39	50.93	30.81
5.00	0.10	0.49	63.66	38.33
6.00	0.13	0.64	76.39	49.47
7.00	0.15	0.74	89.13	56.80
8.00	0.17	0.84	101.86	64.05
9.00	0.19	0.94	114.59	71.23
10.00	0.21	1.03	127.32	78.34
11.00	0.24	1.18	140.06	88.86
12.00	0.27	1.33	152.79	99.21
13.00	0.30	1.48	165.52	109.39
14.00	0.33	1.63	178.25	119.41
15.00	0.36	1.77	190.99	129.25
16.00	0.37	1.82	203.72	132.50
17.00	0.40	1.97	216.45	142.12
18.00	0.43	2.12	229.18	151.58
19.00	0.47	2.32	241.92	163.92
20.00	0.50	2.46	254.65	172.98
21.00	0.53	2.61	267.38	181.88
22.00	0.56	2.76	280.11	190.61
23.00	0.58	2.86	292.85	196.33
24.00	0.60	2.96	305.58	201.98
25.00	0.62	3.05	318.31	207.56
26.00	0.65	3.20	331.04	215.78
27.00	0.66	3.25	343.77	218.48

2.00	0.00
3.25	343.77

Ec 274749 kg/cm²

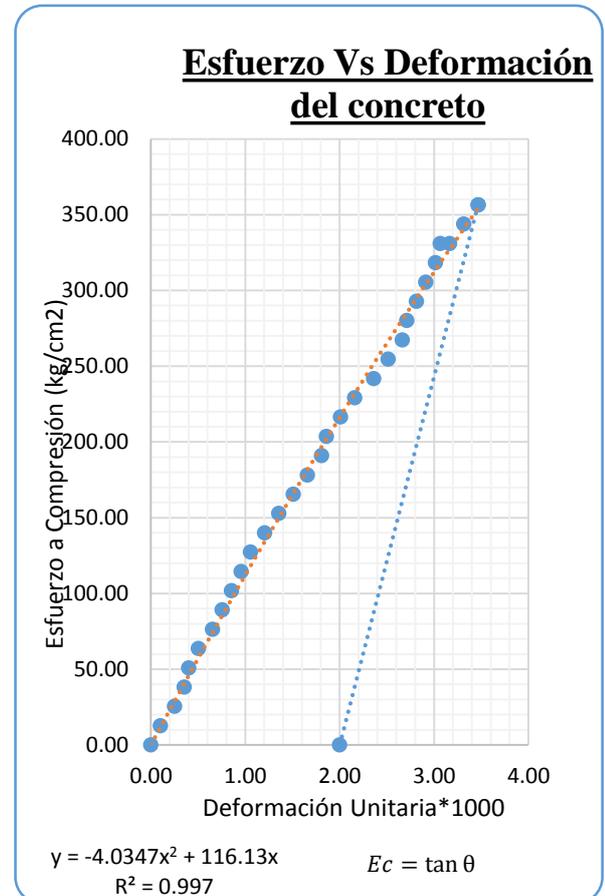


Ecuación:	Esf.= -6.066x ² + 121.38x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9949	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	343.77	
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	278117	Norma E.060
	274749	Gráfica

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (D-2)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	20/09/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	18/10/2016	Código:	D-2/21	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	3.81	Altura (mm):	199.00	
Diámetro (cm):	10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.10	12.73	7.97
2.00	0.05	0.25	25.46	19.78
3.00	0.07	0.35	38.20	27.56
4.00	0.08	0.40	50.93	31.42
5.00	0.10	0.50	63.66	39.08
6.00	0.13	0.65	76.39	50.43
7.00	0.15	0.75	89.13	57.89
8.00	0.17	0.85	101.86	65.28
9.00	0.19	0.95	114.59	72.59
10.00	0.21	1.06	127.32	79.83
11.00	0.24	1.21	140.06	90.53
12.00	0.27	1.36	152.79	101.06
13.00	0.30	1.51	165.52	111.42
14.00	0.33	1.66	178.25	121.60
15.00	0.36	1.81	190.99	131.60
16.00	0.37	1.86	203.72	134.90
17.00	0.40	2.01	216.45	144.67
18.00	0.43	2.16	229.18	154.27
19.00	0.47	2.36	241.92	166.79
20.00	0.50	2.51	254.65	175.98
21.00	0.53	2.66	267.38	185.00
22.00	0.54	2.71	280.11	187.96
23.00	0.56	2.81	292.85	193.84
24.00	0.58	2.91	305.58	199.63
25.00	0.60	3.02	318.31	205.35
26.00	0.61	3.07	331.04	208.18
26.00	0.63	3.17	331.04	213.78
27.00	0.66	3.32	343.77	222.04
28.00	0.69	3.47	356.51	230.12
Ecuación:		Esf.= -4.0347x2 + 116.13x		
Coef. de correlación		R ² = 0.997		
Esf. de rotura (Kg/cm2)		356.51		
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		Norma E.060		
		283221		
		242962 Gráfica		

2.00	0.00
3.47	356.51

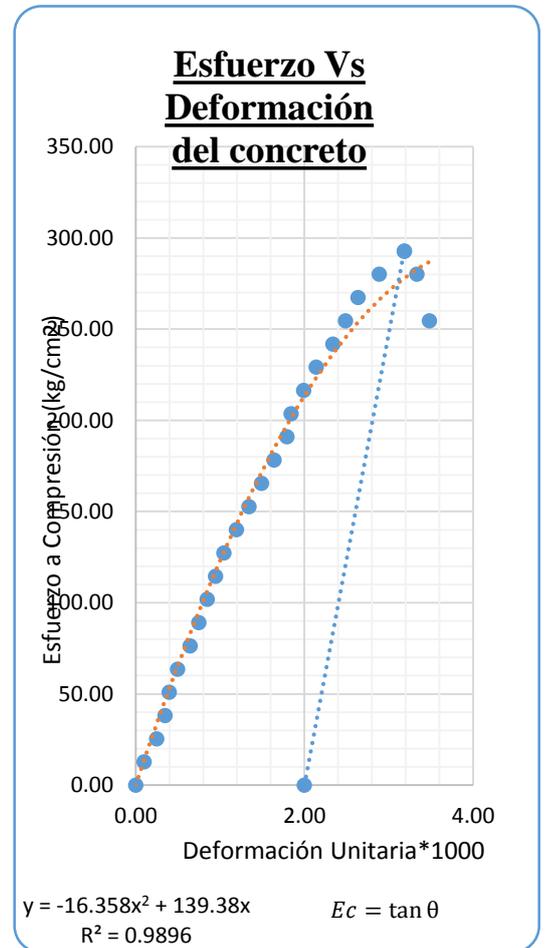
Ec=242962 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (D-3)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	21/09/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	19/10/2016	Código:	D-3/21	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):	3.77	Altura (mm):	201.00	
Diámetro (cm):	10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.10	12.73	7.89
2.00	0.05	0.25	25.46	19.59
3.00	0.07	0.35	38.20	27.29
4.00	0.08	0.40	50.93	31.11
5.00	0.10	0.50	63.66	38.70
6.00	0.13	0.65	76.39	49.94
7.00	0.15	0.75	89.13	57.34
8.00	0.17	0.85	101.86	64.66
9.00	0.19	0.95	114.59	71.91
10.00	0.21	1.04	127.32	79.08
11.00	0.24	1.19	140.06	89.69
12.00	0.27	1.34	152.79	100.13
13.00	0.30	1.49	165.52	110.40
14.00	0.33	1.64	178.25	120.49
15.00	0.36	1.79	190.99	130.42
16.00	0.37	1.84	203.72	133.69
17.00	0.40	1.99	216.45	143.39
18.00	0.43	2.14	229.18	152.91
19.00	0.47	2.34	241.92	165.35
20.00	0.50	2.49	254.65	174.47
21.00	0.53	2.64	267.38	183.43
22.00	0.58	2.89	280.11	197.97
23.00	0.64	3.18	292.85	214.79
22.00	0.67	3.33	280.11	222.95
20.00	0.70	3.48	254.65	230.93

2.00	0.00
3.18	292.85

$E_c = 247319 \text{ kg/cm}^2$

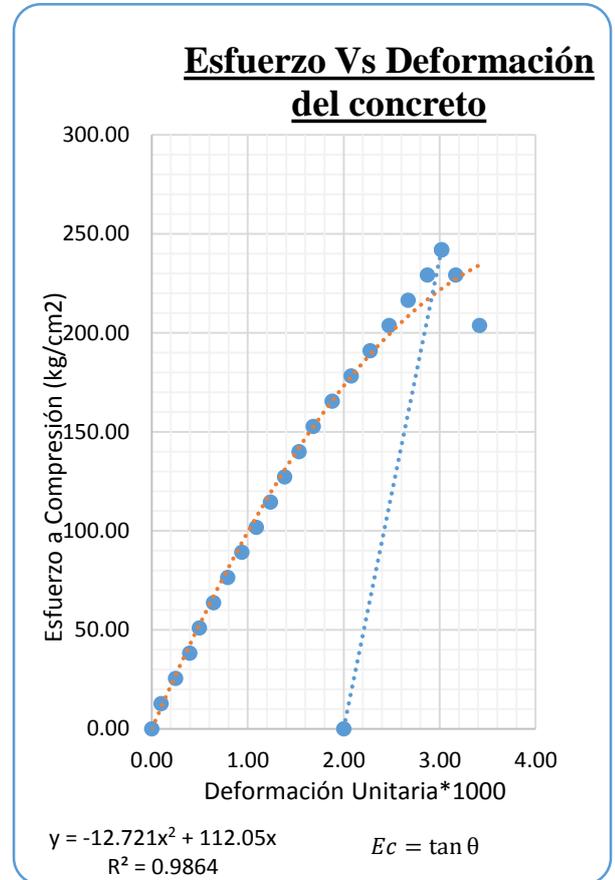


Ecuación:	Esf.=16.358x ² +139.389x
Coef. de correlación	R ² =0.9896
Esf. de rotura(Kg/cm2)	292.85
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	Norma
	256691 E.060
	247319 Gráfica

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (D-4)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	22/09/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	20/10/2016	Código:	D-4/21	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):	3.78	Altura (mm):	202.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.10	12.73	7.85
2.00	0.05	0.25	25.46	19.49
3.00	0.08	0.40	38.20	30.96
4.00	0.10	0.50	50.93	38.52
5.00	0.13	0.64	63.66	49.70
6.00	0.16	0.79	76.39	60.72
7.00	0.19	0.94	89.13	71.57
8.00	0.22	1.09	101.86	82.25
9.00	0.25	1.24	114.59	92.75
10.00	0.28	1.39	127.32	103.09
11.00	0.31	1.53	140.06	113.26
12.00	0.34	1.68	152.79	123.26
13.00	0.38	1.88	165.52	136.33
14.00	0.42	2.08	178.25	149.10
15.00	0.46	2.28	190.99	161.56
16.00	0.50	2.48	203.72	173.72
17.00	0.54	2.67	216.45	185.59
18.00	0.58	2.87	229.18	197.15
19.00	0.61	3.02	241.92	205.62
18.00	0.64	3.17	229.18	213.92
16.00	0.69	3.42	203.72	227.38

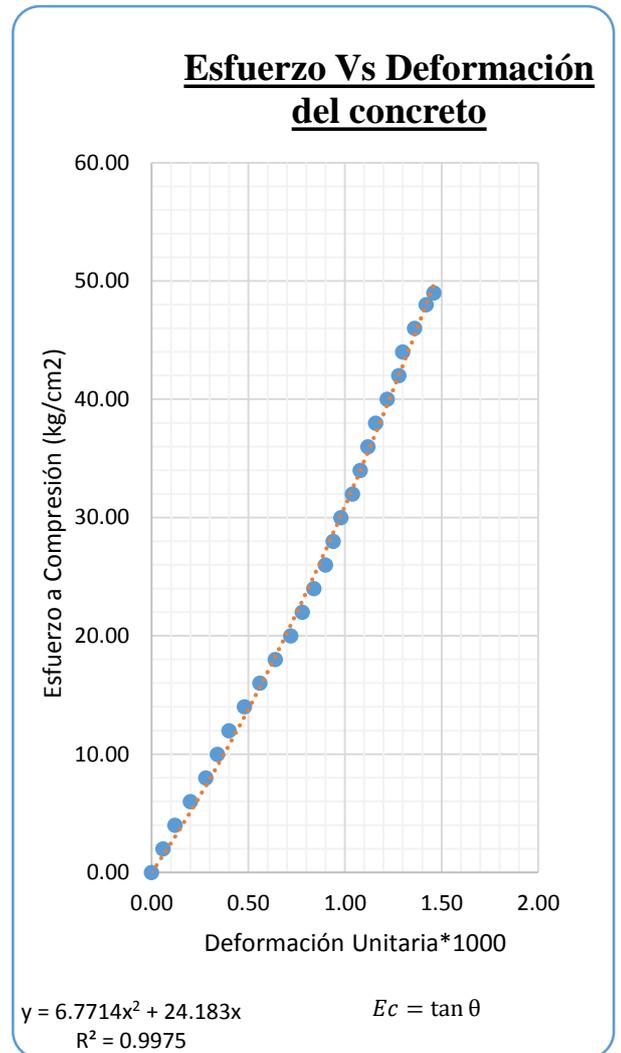
2.00	0.00
3.02	241.92

$E_c = 237218 \text{ kg/cm}^2$



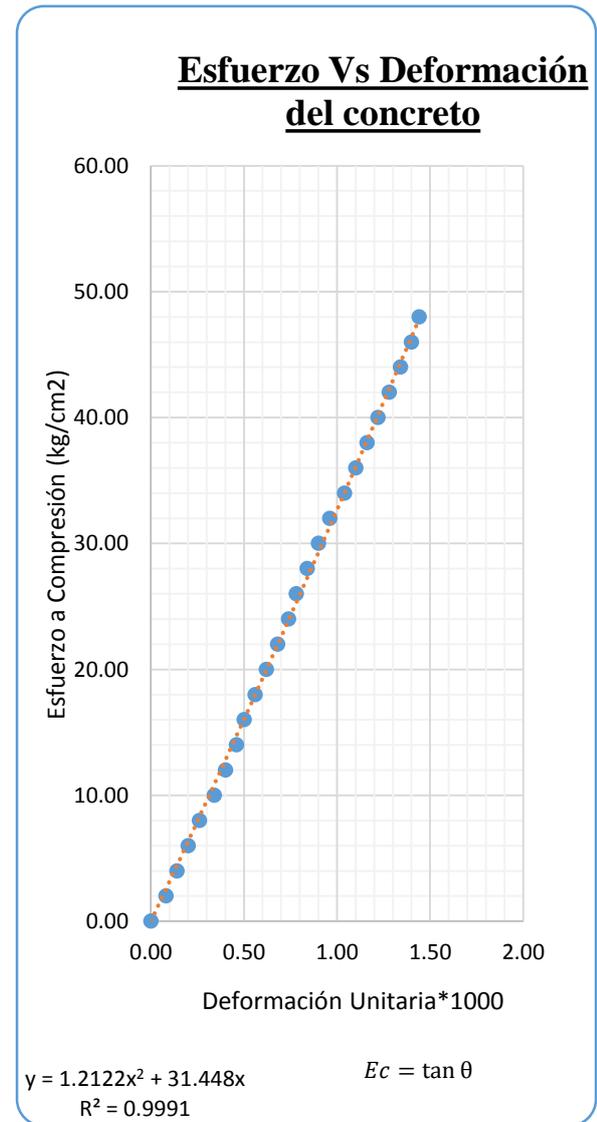
Ecuación:	Esf. = $-12.346x^2 + 110.39x$	
Coef. de correlación	$R^2 = 0.9864$	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	241.92	
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	233305	Norma E.060
	237218	Gráfica

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:		02/11/2016	Edad (días):	28
Fecha de rotura:		30/11/2016	Código:	CP-11
Resistencia f'c (kg/cm2):		300	Falla:	---
Peso (kg):		26.45	Altura (mm):	490.00
			Arista prom	14.90
Carga Ultima de Rotura		2500 Kg/cm2	Área (cm2):	222.01
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.03	0.06	2.00	4.77
200.00	0.06	0.12	4.00	9.51
300.00	0.10	0.20	6.00	15.79
400.00	0.14	0.28	8.00	22.02
500.00	0.17	0.34	10.00	26.66
600.00	0.20	0.40	12.00	31.27
700.00	0.24	0.48	14.00	37.37
800.00	0.28	0.56	16.00	43.43
900.00	0.32	0.64	18.00	49.44
1000.00	0.36	0.72	20.00	55.39
1100.00	0.39	0.78	22.00	59.83
1200.00	0.42	0.84	24.00	64.24
1300.00	0.45	0.90	26.00	68.62
1400.00	0.47	0.94	28.00	71.52
1500.00	0.49	0.98	30.00	74.42
1600.00	0.52	1.04	32.00	78.73
1700.00	0.54	1.08	34.00	81.60
1800.00	0.56	1.12	36.00	84.45
1900.00	0.58	1.16	38.00	87.28
2000.00	0.61	1.22	40.00	91.52
2100.00	0.64	1.28	42.00	95.72
2200.00	0.65	1.30	44.00	97.12
2300.00	0.68	1.36	46.00	101.29
2400.00	0.71	1.42	48.00	105.43
2450.00	0.73	1.46	49.00	108.17



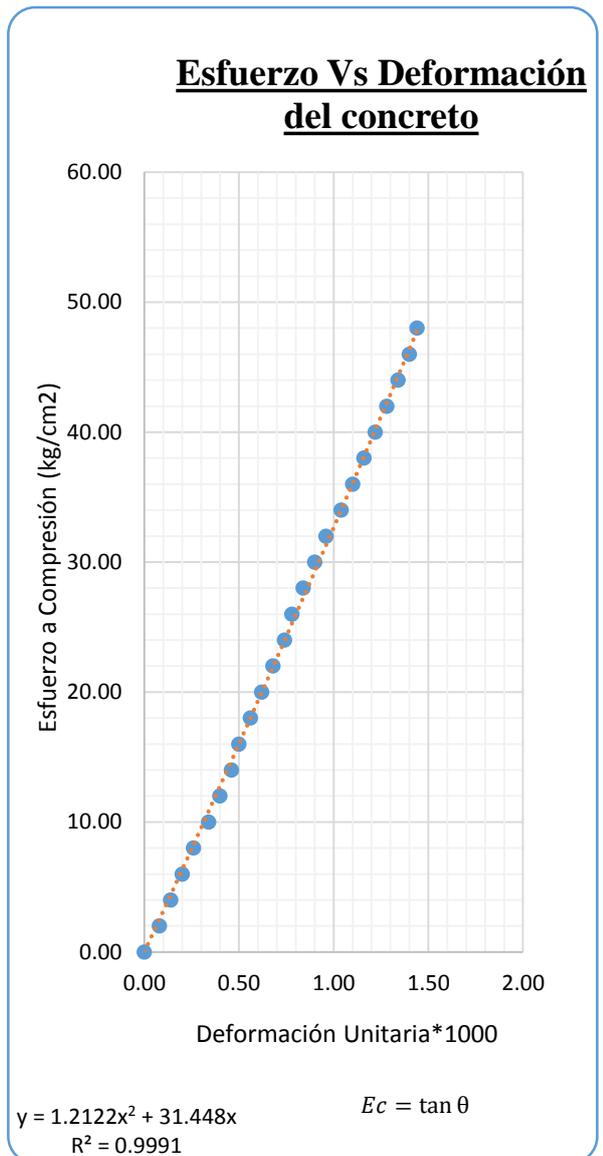
Ecuación:	Esf.= 6.7714x2 + 24.183x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9975	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	33.25 Kg/cm2	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	3.10 mm
	Longitud	148.00 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
ADITIVO OPTIMO				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	02/11/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	30/11/2016	Código:	D-1/11	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	---	
Peso (kg):	62.25	Altura (mm):	498.00	
		Arista prom	15.00	
Carga Ultima de Rotura	2800 Kg/cm2	Área (cm2):	225.00	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.04	0.08	2.00	6.35
200.00	0.07	0.14	4.00	11.08
300.00	0.10	0.20	6.00	15.79
400.00	0.13	0.26	8.00	20.46
500.00	0.17	0.34	10.00	26.66
600.00	0.20	0.40	12.00	31.27
700.00	0.23	0.46	14.00	35.85
800.00	0.25	0.50	16.00	38.89
900.00	0.28	0.56	18.00	43.43
1000.00	0.31	0.62	20.00	47.94
1100.00	0.34	0.68	22.00	52.42
1200.00	0.37	0.74	24.00	56.88
1300.00	0.39	0.78	26.00	59.83
1400.00	0.42	0.84	28.00	64.24
1500.00	0.45	0.90	30.00	68.62
1600.00	0.48	0.96	32.00	72.97
1700.00	0.52	1.04	34.00	78.73
1800.00	0.55	1.10	36.00	83.02
1900.00	0.58	1.16	38.00	87.28
2000.00	0.61	1.22	40.00	91.52
2100.00	0.64	1.28	42.00	95.72
2200.00	0.67	1.34	44.00	99.90
2300.00	0.70	1.40	46.00	104.05
2400.00	0.72	1.44	48.00	106.80



Ecuación:	Esf.= 1.2122x ² + 31.448x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9991	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	37.17 Kg/cm2	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	2.80 mm
	Longitud	148.00 mm

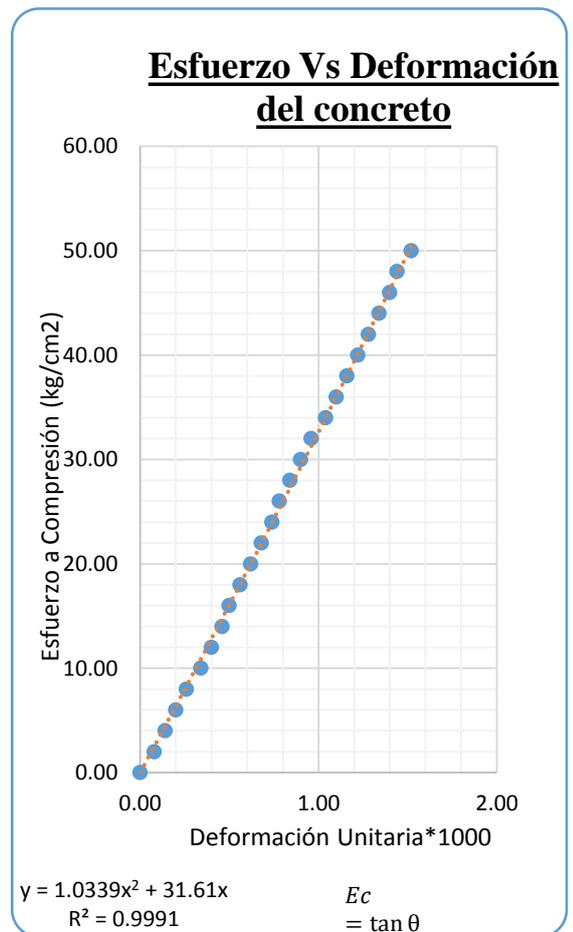
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
ADITIVO OPTIMO				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	02/11/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	30/11/2016	Código:	D-2/11	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	---	
Peso (kg):	26.25	Altura (mm):	498.00	
		Arista prom	15.00	
Carga Ultima de Rotura		2800 Kg/cm2	Área (cm2):	225.00
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.04	0.08	2.00	6.35
200.00	0.07	0.14	4.00	11.08
300.00	0.10	0.20	6.00	15.79
400.00	0.13	0.26	8.00	20.46
500.00	0.17	0.34	10.00	26.66
600.00	0.20	0.40	12.00	31.27
700.00	0.23	0.46	14.00	35.85
800.00	0.25	0.50	16.00	38.89
900.00	0.28	0.56	18.00	43.43
1000.00	0.31	0.62	20.00	47.94
1100.00	0.34	0.68	22.00	52.42
1200.00	0.37	0.74	24.00	56.88
1300.00	0.39	0.78	26.00	59.83
1400.00	0.42	0.84	28.00	64.24
1500.00	0.45	0.90	30.00	68.62
1600.00	0.48	0.96	32.00	72.97
1700.00	0.52	1.04	34.00	78.73
1800.00	0.55	1.10	36.00	83.02
1900.00	0.58	1.16	38.00	87.28
2000.00	0.61	1.22	40.00	91.52
2100.00	0.64	1.28	42.00	95.72
2200.00	0.67	1.34	44.00	99.90
2300.00	0.70	1.40	46.00	104.05
2400.00	0.72	1.44	48.00	106.80



Ecuación:	Esf. = 1.2122x ² + 31.448x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9991	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	37.17Kg/cm2	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	2.90 mm
	Longitud	150.00 mm

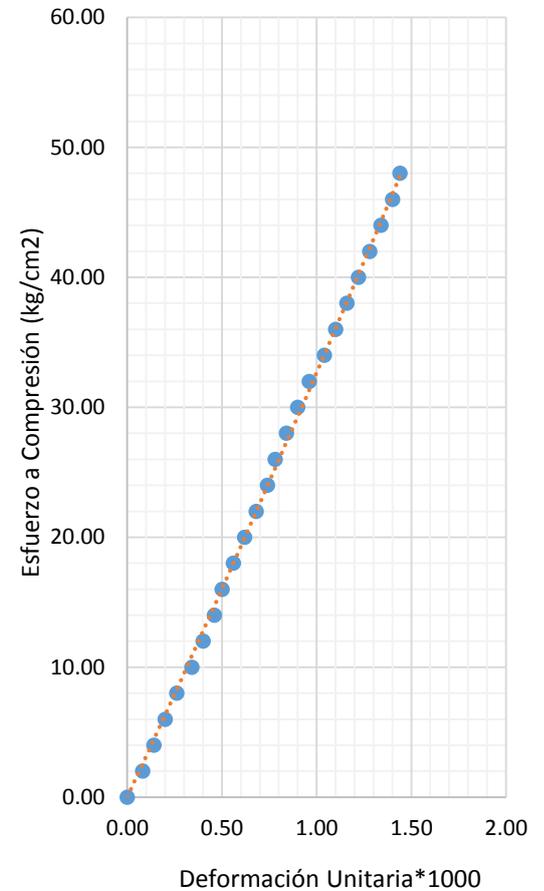
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
ADITIVO OPTIMO				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	02/11/2016	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	30/11/2016	Código:	D-3/14	
Resistencia f'c (kg/cm2):	300	Falla:	---	
Peso (kg):	26.40	Altura (mm):	501.00	
		Arista prom	15.00	
Carga Ultima de Rotura	2530 Kg/cm2	Área (cm2):	225.00	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.04	0.08	2.00	6.34
200.00	0.07	0.14	4.01	11.06
300.00	0.10	0.20	6.01	15.76
400.00	0.13	0.26	8.02	20.42
500.00	0.17	0.34	10.02	26.60
600.00	0.20	0.40	12.03	31.21
700.00	0.23	0.46	14.03	35.78
800.00	0.25	0.50	16.04	38.82
900.00	0.28	0.56	18.04	43.34
1000.00	0.31	0.62	20.04	47.85
1100.00	0.34	0.68	22.05	52.32
1200.00	0.37	0.74	24.05	56.77
1300.00	0.39	0.78	26.06	59.72
1400.00	0.42	0.84	28.06	64.12
1500.00	0.45	0.90	30.07	68.49
1600.00	0.48	0.96	32.07	72.83
1700.00	0.52	1.04	34.08	78.58
1800.00	0.55	1.10	36.08	82.87
1900.00	0.58	1.16	38.08	87.12
2000.00	0.61	1.22	40.09	91.34
2100.00	0.64	1.28	42.09	95.54
2200.00	0.67	1.34	44.10	99.71
2300.00	0.70	1.40	46.10	103.86
2400.00	0.72	1.44	48.11	106.60
2500.00	0.76	1.52	50.11	112.06

Ecuación:	Esf.= 1.0339x ² + 31.61x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9991	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	33.81Kg/cm2	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.90 mm
	Longitud	149.00 mm



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
ADITIVO OPTIMO				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:		02/11/2016	Edad (días):	28
Fecha de rotura:		30/11/2016	Código:	D-4/11
Resistencia f'c (kg/cm2):		300	Falla:	---
Peso (kg):		26.25	Altura (mm):	498.00
			Arista prom	15.00
Carga Ultima de Rotura		2150 Kg/cm2	Área (cm2):	225.00
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	0.04	0.08	2.00	6.35
200.00	0.07	0.14	4.00	11.08
300.00	0.10	0.20	6.00	15.79
400.00	0.13	0.26	8.00	20.46
500.00	0.17	0.34	10.00	26.66
600.00	0.20	0.40	12.00	31.27
700.00	0.23	0.46	14.00	35.85
800.00	0.25	0.50	16.00	38.89
900.00	0.28	0.56	18.00	43.43
1000.00	0.31	0.62	20.00	47.94
1100.00	0.34	0.68	22.00	52.42
1200.00	0.37	0.74	24.00	56.88
1300.00	0.39	0.78	26.00	59.83
1400.00	0.42	0.84	28.00	64.24
1500.00	0.45	0.90	30.00	68.62
1600.00	0.48	0.96	32.00	72.97
1700.00	0.52	1.04	34.00	78.73
1800.00	0.55	1.10	36.00	83.02
1900.00	0.58	1.16	38.00	87.28
2000.00	0.61	1.22	40.00	91.52
2100.00	0.64	1.28	42.00	95.72
2200.00	0.67	1.34	44.00	99.90
2300.00	0.70	1.40	46.00	104.05
2400.00	0.72	1.44	48.00	106.80

Esfuerzo Vs Deformación del concreto



$y = 1.2122x^2 + 31.448x$
 $R^2 = 0.9991$
 $E_c = \tan \theta$

Ecuación:	Esf. = 1.2122x ² + 31.448x	
Coef. de correlación	R ² = 0.9991	
Esf. de rotura (Kg/cm2)	28.54Kg/cm2	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	3.10 mm
	Longitud	148.00 mm

ANEXO X: PANEL FOTOGRÁFICO

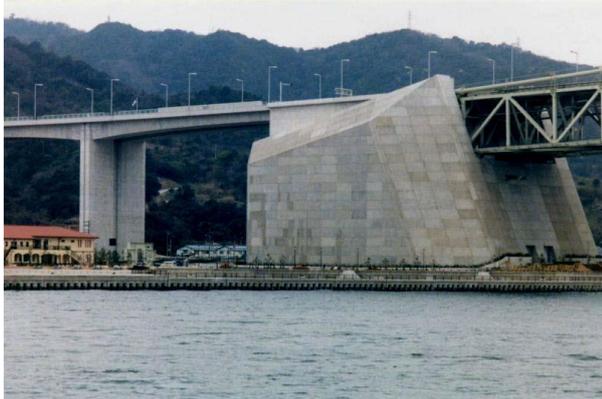


Figura N° 34: puente colgante Shin-Kiba Ohashi en Japón



Figura N° 35: puente de Akashi Kaikyo-Japón



Figura N° 36: Ayuntamiento de Mollet del Vallès-España



Figura N° 37: El tanque LNG que pertenece a Osaka Gas Company



Figura N° 39: muestras de agregado para hallar el contenido de humedad



Figura N° 38: ensayo de granulometría

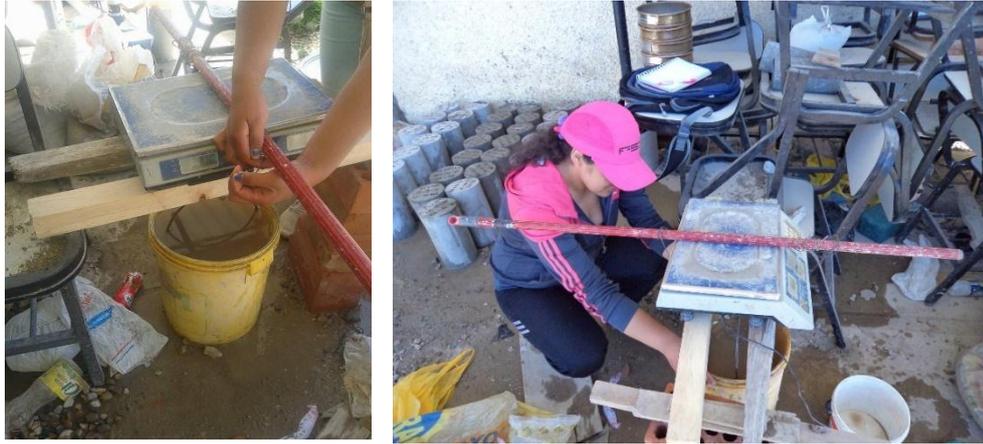


Figura N° 40: Se aprecia el ensayo de pesos específico de agregado grueso.



Figura N° 42: ensayo abrasión



Figura N° 41: saya de lavado del agregado para determinar las partículas que pasan el tamiz N° 200



Figura N° 43. Ensayo de peso específico del agregado fino.



Figura N° 44: Ensayo de peso unitario suelto seco de los agregados fino y grueso.



Figura N° 45: aditivo Glenium C313



Figura N° 46: ensayo de asentamiento



Figura N° 47: medida de extensibilidad



Figura N° 49: Ensayo de extensión de flujo - dosificación 2



Figura N° 48: Ensayo de extensión de flujo - dosificación 3



Figura N° 50: mezcla de concreto autocompactante con la dosificación D-4



Figura N° 51: caja L



Figura N° 53: ensayo de la C, con adición de aditivo con la dosificación 3



Figura N° 52: medida de alturas en el ensayo caja L



Figura N° 54: caja U



Figura N° 55: ensayo caja U



Figura N° 56: llenado de probetas cilíndricas para el ensayo a compresión



Figura N° 57: probetas llenas de concreto aucompactante



Figura N° 59: evaluación de los especímenes



Figura N° 58: fraguado de probetas para ensayo a compresión

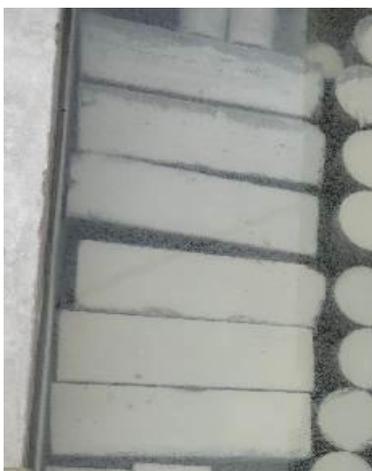


Figura N° 60: grafuado de probetas para ensayo a flexión



Figura N° 61: mitad de probetas para en el ensayo a compresión



Figura N° 62: medición de las dimensiones de los probetas haciendo uso del vernier para hallar el diámetro y altura promedio



Figura N° 63: toma de lectura del deformimetro



Figura N° 64: ensayo a compresión



Figura N° 65: ensayo a flexión



Figura N° 67: toma de medidas de los lados y aristas de las probetas prismáticas para el ensayo a flexión



Figura N° 66: deformimetro- ensayo a flexión

