

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de las propiedades del concreto convencional utilizando
agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037**

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

AUTOR

Yanely Elizabeth Neyra Zaquinaula

ASESOR

Jose Alberto Acero Martinez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

Chiclayo, 2025

**Evaluación de las propiedades del concreto convencional utilizando
agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037**

PRESENTADA POR

Yanely Elizabeth Neyra Zaquinaula

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Mario Antonio Martinez Fiestas

PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñones

SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía en este camino, por concederme la fuerza y la fe necesaria para culminar esta investigación, y por fortalecer mi confianza en momentos de dificultad.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y ser mi sostén e impulsarme a seguir adelante y esforzarme cada día más.

A mis hermanos por darme la motivación a no desistir y seguir a pesar de las adversidades.

Agradecimientos

A Dios por regalarme cada día salud y la oportunidad de seguir creciendo y aprendiendo.

A mi familia por ser mi soporte en cada proceso. Su amor inquebrantable ha sido mi mayor fortaleza y bendición.

A mi asesor y docentes por sus conocimientos compartidos en todo este camino, que en base a ello se permitió concluir esta investigación.

Tesis 100% - Neyra Zaquinaula Yanelly Elizabeth.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
9	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	18
Abstract.....	19
Introducción.....	20
Revisión de literatura.....	22
Antecedentes Internacionales.....	22
Antecedentes Nacionales.....	23
Bases teóricas	26
Elementos del concreto	26
La estructura del concreto tradicional.....	26
Agregados para el concreto	27
Clasificación de los agregados para un concreto.....	28
Principales propiedades del concreto fresco.....	31
Principales propiedades del concreto endurecido.....	32
Ensayos de los materiales	32
Ensayos del concreto en estado fresco.....	35
Ensayos del concreto en estado endurecido	37
Método para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto... 	38
Materiales y métodos	43
Tipo de investigación.....	43
Nivel de investigación.....	43
Población muestra y muestreo	43

Concreto en estado fresco	44
Concreto en estado endurecido	44
Diseño de investigación	46
Operacionalización de variables	47
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
Procedimientos para la recolección de datos	50
Desarrollo de los ensayos a los agregados	51
Ensayo para determinar el porcentaje de humedad del agregado fino y grueso	51
Ensayo de granulometría.....	53
Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregados fino y grueso.....	55
Ensayo del peso específico y de absorción del agregado fino	56
Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....	58
Obtención del material fino pasante la malla #200.....	60
Ensayo para determinar el contenido de sales solubles del material fino	62
Ensayo equivalente de arena.....	64
Diseño de Mezcla – Método del comité 211 del ACI	65
Verificación del ajuste de slump y resistencia a la compresión	72
Ensayos para el concreto de muestra patrón y con adición de los diferentes porcentajes de material fino	74
Concreto en estado fresco	74
Ensayo de asentamiento	74
Ensayo de peso unitario del concreto fresco	75
Contenido de aire del concreto - método de presión.....	77
Ensayo de temperatura del concreto	79
Concreto en estado endurecido	80
Resistencia a la compresión	80
Ensayo de resistencia a la tracción.....	82

Ensayo del cambio de longitud de vigas expuestos a solución de sulfatos.....	83
Ensayo de módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del concreto.....	86
Ensayo profundidad de penetracion de agua bajo presion.....	88
Resultados y discusión	91
Ensayo de los agregados	91
Diseño de mezcla -Método ACI 211.....	98
Ensayos de calidad del concreto.....	99
Concreto en estado fresco	99
Asentamiento	99
Concreto en estado endurecido	101
Discusiones	133
Conclusiones	148
Recomendaciones	151
Referencias	152
Anexos	156

Lista de tablas

Tabla 1: Clasificación de los agregados	29
Tabla 2: Agrupación de los agregados según su densidad	29
Tabla 3: Límites aceptables - Agua de mezcla y curado	30
Tabla 4: Límites de granulométricos del A.F	33
Tabla 5: Nivel de asentamiento	36
Tabla 6: Número de muestras para el concreto, realizadas en estado fresco	44
---Tabla 7: Resistencia a la compresión f'_c 210 kg/cm ² ---	45
Tabla 8: Resistencia a la tracción- – Permeabilidad- -Módulo de elasticidad y coef. de Poisson	45
Tabla 9: Número de vigas para el ensayo de sulfatos	46
Tabla 10: Operación de laización de las variables y con sus respectivos ensayos	47
Tabla 11: Instrumentos necesarios para cada ensayo	48
Tabla 12: Características físicas de los materiales	66
Tabla 13: Resistencia promedio a la compresión requerida	66
Tabla 14: Asentamientos para diversos tipos de estructuras	67
Tabla 15: Porcentaje de contenido de aire atrapado	67
Tabla 16: Contenido de agua	68
Tabla 17: Relación agua/cemento (a/c)	68
Tabla 18: Interpolación a/c	68
Tabla 19: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	69
Tabla 20: Interpolación del contenido de A.G	69
Tabla 21: Dosificación en peso	71
Tabla 22: Dosificación en volumen	72
Tabla 23: Slump de diseño	72
Tabla 24: Valores del análisis granulométrico del A.F – cantera “Tres Tomas”	91
Tabla 25: Valores del análisis granulométrico del A.G - cantera "Tres Tomas"	93
Tabla 26: Porcentaje de humedad del A.F	94

Tabla 27: Porcentaje de humedad del A.G.....	94
Tabla 28: Resultados del peso específico y absorción del A.F	95
Tabla 29: Resultados del peso específico y absorción del A.G	95
Tabla 30:Resultado de los pesos unitarios sueltos secos del A.F.....	96
Tabla 31: Resultados de los pesos unitarios compactados secos del A.F	96
Tabla 32: Resultado de los pesos unitarios sueltos secos del A.G.....	97
<i>Tabla 33: Resultados de los pesos unitarios compactados secos del A.G.....</i>	<i>97</i>
Tabla 34:Determinación de equivalente de arena	98
Tabla 35: Sales soluble (Material fino)	98
Tabla 36: Materiales en condiciones húmedas para el diseño de mezcla m3--.....	99
Tabla 37: Cantidades por m3 de material fino pasantes el tamiz N°200	99
Tabla 38: Asentamiento del concreto fresco	99
Tabla 39: Resultados del ensayo de peso unitario en estado fresco.....	100
Tabla 40:Porcentaje de contenido de aire	100
Tabla 41: Temperatura del concreto--	101
Tabla 42: Resistencia a la compresión: Muestra patrón--	102
Tabla 43: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +9% de material fino--	102
Tabla 44: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +12% de material fino--	104
Tabla 45: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +15% de material fino--	106
Tabla 46: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +18% de material fino--	107
Tabla 47: Resistencia a tracción a los 28 días--	109
Tabla 48: Expansión de longitud de muestra patrón.	110
Tabla 49: Expansión de longitud de muestra patrón + 9% material fino.	111
Tabla 50: Expansión de longitud de muestra patrón + 12% material fino.	112
Tabla 51: Expansión de longitud de muestra patrón + 15% material fino.	113
Tabla 52: Expansión de longitud de muestra patrón + 18% material fino.	114
Tabla 53:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. patrón	115

Tabla 54: Módulo de elasticidad - M. Patrón.....	115
Tabla 55:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón	116
Tabla 56: Módulo de elasticidad - M. Patrón.....	116
Tabla 57: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón	117
Tabla 58: Módulo de elasticidad - M. Patrón.....	117
Tabla 59: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino	118
Tabla 60: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 9% material fino	118
Tabla 61: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino	119
Tabla 62: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 9% material fino	119
Tabla 63:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino	120
Tabla 64: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 9% material fino	120
Tabla 65:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino	121
Tabla 66: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 12% material fino	121
Tabla 67:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino	122
Tabla 68:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino	123
Tabla 69: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 12% material fino	123
Tabla 70: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino	124
Tabla 71: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 15% material fino	124
Tabla 72:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino	125
Tabla 73:Módulo de elasticidad / M. Patrón + 15% material fino	125
Tabla 74:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino	126
Tabla 75:Módulo de elasticidad / M. Patrón + 15% material fino	126
Tabla 76:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino	127
Tabla 77:Módulo de elasticidad / M. Patrón + 18% material fino	127
Tabla 78:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino	128
Tabla 79: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 18% material fino	128
Tabla 80:Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino	129

Tabla 81:Módulo de elasticidad / M. Patrón + 18% material fino	129
Tabla 82: Coeficiente de Poisson - M. Patrón.....	130
Tabla 83: Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 9% material fino.....	130
Tabla 84:Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 12% material fino.....	130
Tabla 85:Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 15% material fino.....	131
Tabla 86: Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 18% material fino.....	131
Tabla 87:Penetración bajo presión de agua - M. Patrón	131
Tabla 88: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 9% material fino	132
Tabla 89: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 12% material fino	132
Tabla 90:Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 15% material fino	132
Tabla 91:Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 18% material fino	132
Tabla 92: Resultados de resistencia a la compresión - $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ --	136
Tabla 93: Expansión promedio en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio - 210kg/cm2.....	140
Tabla 94: Análisis de costo unitario – Extracción del MF	145
Tabla 95: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón).....	145
Tabla 96: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 9%MF)...	146
Tabla 97:Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 12%MF)..	146
Tabla 98: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 15%MF). 147	
Tabla 99:Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 18%MF)..	147

Lista de ilustraciones

Ilustración 1: Molde que se utiliza para determinar el slump del concreto.....	35
Ilustración 2: Procedimientos para el ensayo de asentamiento	36
Ilustración 3: Aparato medidor de contenido de aire – Tipo B.....	37
Ilustración 4: Esquema de un bloque de carga	38
Ilustración 5: Esquemas de los tipos de falla	38
Ilustración 6: Resistencia de compresión diametral	39
Ilustración 7: Vista esquemática de la prueba de permeabilidad	40
Ilustración 8: Medición e instrumentos para ensayo	41
Ilustración 9: Curva genérica de esfuerzo-deformación unitaria	41
Ilustración 10: Colocando las muestras al horno	52
Ilustración 11: Peso seco del A.F	52
Ilustración 12: Peso seco del A.G	52
Ilustración 13: Cuarteo del A.G	53
Ilustración 14: Cuarteo del A.F	53
Ilustración 15: Proceso de tamizado del A. G	54
Ilustración 16: Proceso de tamizado del A. F.....	54
Ilustración 17: Muestras retenidas de los diversos tamices.....	54
Ilustración 18: Apisonado con la varilla por 25 veces distribuida en toda el área	55
Ilustración 19: Peso del agregado fino	55
Ilustración 20: Apisonado con la varilla por 25 veces distribuidas en toda el área	56
Ilustración 21: Peso de agregado grueso compactado.....	56
Ilustración 22: Comprobación de la muestra superficialmente seca	57
<i>Ilustración 23: Colocación del A. F en la fiola utilizando un embudo</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 24: Retiro de la muestra a un bowl</i>	<i>57</i>
Ilustración 25: Peso de la muestra.....	58
Ilustración 26: Secado del A.G a temperatura ambiente	59

Ilustración 27: Muestra sumergida en la canastilla, bajo agua.....	59
Ilustración 28: Muestra sumergida (peso).....	59
Ilustración 29: Peso de la muestra (seca)	60
Ilustración 30: Elementos para el procedimiento	61
Ilustración 31: Lavado del agregado fino.....	61
Ilustración 32: Agua más clara.....	61
Ilustración 33: Dejar reposar por tiempo de 24hr	62
Ilustración 34:Retirar el agua de la superficie.....	62
Ilustración 35: Peso del material fino.....	62
Ilustración 36:Muestra de material fino	63
Ilustración 37:Agregado el agua destilada	63
Ilustración 38: Filtrando el agua	63
Ilustración 39:Peso de la muestra seca sedimentada + vaso precipitado	63
Ilustración 40:Preparar la solución.....	65
Ilustración 41:Introducir la muestra en la probeta	65
Ilustración 42:Mezclado de la muestra con la solución	65
Ilustración 43: Toma de medidas	65
Ilustración 44: Medición del slump.....	72
Ilustración 45: Slump de muestra patrón 3.9.....	72
Ilustración 46:Rotura de muestra piloto	73
Ilustración 47:Verificación de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla	73
Ilustración 48: Varillado del concreto (25 veces por cada capa)	75
Ilustración 49: Medición del asentamiento	75
Ilustración 50: Slump de M.P +9% M. F	75
Ilustración 51: Varillado del concreto	76
Ilustración 52: Golpear con el mazo de goma.....	76
Ilustración 53: Peso de la muestra + molde.....	77

Ilustración 54: Llenado de la mezcla en la olla Washington.....	78
Ilustración 55: Introducción del agua a través de una de las llaves de purga.	78
Ilustración 56: Bombeo de aire hacia la olla de Washington.	78
Ilustración 57: Lectura del porcentaje de contenido de aire.....	78
Ilustración 58: Colocado del termómetro.....	79
Ilustración 59: Temperatura de la muestra del concreto	79
Ilustración 60: Retirado de probetas de la posa de curado	81
Ilustración 61: Medición de las dimensiones de las probetas	81
Ilustración 62: Aplicación de la carga - Resistencia a la compresión	81
Ilustración 63: Colocar el testigo de manera correcta	83
<i>Ilustración 64: Aplicación de la carga – Resistencia a tracción</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 65: Falla del testigo en toda su longitud</i>	<i>83</i>
Ilustración 66: Colocación del concreto en molde de vigas.....	84
Ilustración 67: Compactado del concreto.....	84
Ilustración 68: Muestras para colocar a curado.....	84
Ilustración 69: Pesaje del sulfato de sodio.	85
Ilustración 70: Disolución del químico con el agua potable y agua destilada.	85
Ilustración 71: Almacenamiento de vigas en solución.....	85
Ilustración 72: Toma de lecturas por cada semana.	85
Ilustración 73: Colocación e instalación de los diales (compresometro-extensómetro).	87
Ilustración 74: Posicionamiento en la maquina compresora para ser ensayada.....	87
Ilustración 75: Toma de lecturas de los resultados	87
Ilustración 76: Deformaciones al momento de falla.	88
Ilustración 77: Falla de la muestra cilíndrica.	88
Ilustración 78: Probetas colocadas bajo presión de agua	89
Ilustración 79: Medición de la presión	89
Ilustración 80: Cumplieron las 72 horas	89

Ilustración 81: Retirando las probetas de la máquina	89
Ilustración 82: Muestras - rotura a tracción - lectura de profundidad	90

Lista de gráficos

Gráfico 1: Diagrama del proceso de investigación	50
Gráfico 2: Curva granulométrica del A.F.....	92
Gráfico 3: Curva granulométrica del A G	93
Gráfico 4: Comparación de resultados de temperatura del concreto en estado fresco--	101
Gráfico 5: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 9% de material fino.....	103
Gráfico 6: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 12% de material fino.....	105
Gráfico 7: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 15% de material fino.....	106
Gráfico 8: Curvas de resistencia a la compresión, de muestra patrón y muestra patrón más 18% de material fino	108
Gráfico 9: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón.....	110
Gráfico 10: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 9% de material fino.	111
Gráfico 11: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 12% de material fino.	112
Gráfico 12: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 15% de material fino.	113
Gráfico 13: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 18% de material fino	114
Gráfico 14: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón.....	115
Gráfico 15: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón	116
Gráfico 16: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón	117
Gráfico 17: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino.....	118
Gráfico 18: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino.....	119
Gráfico 19: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino.....	120
Gráfico 20: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino.....	121
Gráfico 21: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino.....	122
Gráfico 22: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 12% material fino.....	122

Gráfico 23: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino.....	123
Gráfico 24: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino.....	124
Gráfico 25: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino.....	125
Gráfico 26: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino.....	126
Gráfico 27: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino.....	127
Gráfico 28: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino.....	128
Gráfico 29: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino.....	129
Gráfico 30: Slump promedio -Muestra patrón y muestras con material fino.....	133
Gráfico 31: Comparación de resultados del ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco	135
Gráfico 32: Cont. de aire del concreto n situ--	135
Gráfico 33: Comparación de los resultados de la resistencia a la compresión de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$	138
Gráfico 34: Comparación en días de la resistencia a la compresión de $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$ --	138
Gráfico 35: Comparación de la muestra patrón vs porcentajes de material fino	139
Gráfico 36: Expansión promedio de vigas de concreto.....	140
Gráfico 37: Promedio del módulo de elasticidad del concreto	141
Gráfico 38: Promedio del coeficiente de Poisson del concreto.....	142
Gráfico 39: Promedio de profundidad de agua	143

Resumen

La utilización del concreto, en los últimos años en la construcción tanto a nivel mundial como nacional, sigue siendo esencial destacando sus elementos básicos como el agregado grueso y el agregado fino dentro de la producción, el objetivo del estudio es evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido, adicionando los porcentajes del 9%, 12%, 15% y 18% de material fino pasante la malla N°200 (MF). Para el análisis de dicha investigación se realizaron ensayos como: asentamiento, contenido de aire, peso unitario, temperatura, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, cambios de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio, permeabilidad, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson. Respecto al ensayo de resistencia a la compresión las muestras fueron evaluadas a los 3, 7, 14, 21, 28, 56 y 90 días, así mismo, para los ensayos en estado endurecido se evaluaron a los 28 y 105 días con respecto al ensayo evaluado. Además, la relación a/c que se obtuvo en el diseño de mezcla se ha conservado para todos los porcentajes. En lo que se determina que al utilizar agregado fino que contenga un 9% de material fino, influye de manera positiva logrando tener un similar comportamiento a la de muestra patrón ya que no afecta considerablemente en sus propiedades ya sea en estado fresco y estado endurecido. Sin embargo, con los otros porcentajes el concreto se ve afectado ya que resulta ser menos trabajable y la resistencia se ve disminuida respecto a la muestra patrón, pero cabe recalcar que cumple con la resistencia solicitada a la cual se realizó el diseño de 210 kg/cm². Por tanto, hasta el 9% de material fino ha resultado ser más eficiente y considerando como el porcentaje óptimo para realizar un concreto convencional.

Palabras clave: Material fino (MF), concreto, resistencia a la compresión, durabilidad.

Abstract

The use of concrete, in recent years in construction both globally and nationally, remains essential highlighting its basic elements such as coarse aggregate and fine aggregate in production, the objective of the study is to evaluate the properties of concrete in fresh and hardened state, adding the percentages of 9%, 12%, 15% and 18% of fine material passing the mesh N°200(MF). For the analysis of this research, the following tests were carried out: settlement, air content, unit weight, temperature, compressive strength, tensile strength, length changes in concrete beams exposed to sodium sulphate, permeability, modulus of elasticity and Poisson's coefficient. Regarding the compressive strength test, the samples were evaluated at 3, 7, 14, 21, 28, 56 and 90 days, likewise, for the hardened state tests, they were evaluated at 28 and 105 days with respect to the test evaluated. In addition, the water/cement ratio obtained in the mix design has been retained for all percentages. It is determined that the use of fine aggregate containing 9% of fine material has a positive influence, achieving a similar behaviour to that of the standard sample, since it does not considerably affect its properties either in the fresh or hardened state. However, with the other percentages, the concrete is affected as it is less workable and the resistance is reduced with respect to the standard sample, but it should be emphasised that it complies with the requested resistance of 210kg/cm² at which the design was carried out. Therefore, up to 9% of fine material has proved to be more efficient and is considered to be the optimum percentage for making conventional concrete.

Keywords: Fine material (MF), concrete, compressive strength, durability.

Introducción

En el sistema constructivo, el concreto sigue siendo uno de los elementos fundamentales en torno a la construcción en todo el mundo, y no es la excepción en el Perú, que a través de los últimos 100 años el uso de este concreto convencional ha sido el más utilizado por las grandes constructoras, teniendo una variedad de proyectos de construcción, desde viviendas hasta grandes obras de infraestructura. Así mismo, para este se desarrolla una fácil producción debido a los materiales amplios en el entorno, como también su producción y comercialización de estos que contribuyen significativamente en la economía del país, y a su vez generando más empleo y promoviendo el crecimiento económico[1].

Según, la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO, luego de unas investigaciones detallaron que el mercado peruano de materiales para la construcción estaría en los 6,000 millones de dólares, a precios corrientes en los últimos años. Estas cifras evidencian la importancia de la construcción para la economía peruana ya que el uso del concreto es esencial para la ejecución de obras de edificación e infraestructura en el país. Así mismo, el cemento es uno de los más consumidos en el mercado peruano teniendo los 354 kg per cápita que se registraron en el 2019 [2].

Cabe destacar que los elementos básicos en la producción de mezclas de hormigón son los áridos tanto gruesos como finos. Se trata de materiales naturales obtenidos de canteras, que al mezclarse con cemento y agua forman una mezcla homogénea y maleable que puede utilizarse para la construcción de diversas estructuras. Además, tanto el tamaño y la forma de los agregados deben cumplir con ciertas características técnicas que influirían en la preparación del concreto, tanto en su firmeza como su durabilidad. Así mismo, la cantidad y la proporción de los adheridos también son elementos significativos en la producción de una mezcla para un concreto convencional adecuado para un determinado uso en la construcción [3].

De acuerdo con lo anterior, se debe tener en cuenta que los agregados finos según lo que establece la NTP 400.037, se debe hacer uso como máximo de un 7% para concretos no sujetos a abrasión. Por tanto, es ahí que viene en relevancia este tema de manera que se deberá utilizar finos que pasen la malla #200, donde las partículas tienen diámetros menores a las 75 micras (0.075mm) [4]. En contexto, existen muchas obras y muchos proyectos que cuando los agregados no contemplan el porcentaje especificado en la norma técnica peruana 400.037, tienden a ser rechazados por supervisión. Por tanto, resulta favorable contribuir en la reducción de la alteración del medio ambiente que se genera en la construcción, así como también disminuir la cantidad de residuos que se genera durante la obra.

Además, hay que reconocer que existen canteras en las que producen muchos agregados finos, y surge la pregunta ¿porque no evitar rechazarlas? Esto se sustenta que, al lograr la veracidad de la adición de material fino, se podrán establecer criterios más precisos al momento de seleccionar los materiales, logrando así una construcción más eficiente y sostenible, así como también generar nuevas oportunidades de negocio y desarrollo en la producción de materiales de construcción.

Así mismo, cabe resaltar que hay otras normativas como la - Norma Española: EHE-08 (Instrucción del hormigón estructural) - donde si establecen los porcentajes excedidos a la norma y tienen un resultado favorable [5]. Lo cual podría ser que la propiedad de agregado fino no sea tan mala o que la norma no sea tan exigente como a la nuestra. Por tanto, esta investigación contempla utilizar mayor porcentaje de material fino para concretos convencionales y contribuir al desarrollo de nuevos límites para sustancias deletéreas en el agregado fino, por tanto, se podrá recomendar cambios en la normativa para el agregado fino.

A partir de ello surge la siguiente pregunta, ¿Es factible la inclusión de porcentajes variables de material fino excedidos a los parámetros determinados en la NTP 400.037 en cuanto a sus propiedades mecánicas del concreto convencional en estado fresco y endurecido? Siendo la hipótesis que responde, que el exceso de diferentes porcentajes de finos que pasen los límites determinados en la norma NTP 400.037 no afecta significativamente dentro de las propiedades mecánicas del concreto convencional en su estado fresco como endurecido.

Mediante, la presente investigación se tiene como objetivo principal determinar la mejor adición de material fino y la efectividad del concreto convencional producidos con diferentes porcentajes de finos que excedan a lo señalado en la norma técnica peruana 400.037. Para poder verificar lo anterior, se tiene los siguientes objetivos específicos: realizar la caracterización del material fino que pasa el tamiz #200; elaborar un concreto convencional de muestra patrón y muestras con finos en diferentes porcentajes a lo que especifica la norma; determinar las propiedades mecánicas en estado fresco para un concreto de muestra patrón y concreto adicionado con diferentes porcentajes de finos; determinar las propiedades mecánicas en estado endurecido sometido a compresión y durabilidad para un concretos de muestra patrón y concretos adicionado con diferentes porcentajes de finos; comparar las propiedades mecánicas del concreto convencional evaluado mediante sus diferentes porcentajes de material fino.

Revisión de literatura

Antecedentes Internacionales

Guerra San Martín S. [6]: Refiere que, a través del módulo de finura (MF) del agregado fino, cumple con la norma Nch 163.07 79, generando una influencia en las propiedades del concreto. La demanda de agua, la absorción capilar y la resistencia a la compresión del concreto serán afectadas por variaciones en la superficie de un edificio. Se realizarán experimentos con varios módulos de finura mientras se mantiene la granulometría dentro de los estándares. Utilizando grava de 40 mm y un cemento grado corriente en mezclas de asentamiento constante, el objetivo es evaluar cómo estas variaciones afectan la consistencia, la absorción del agua y la firmeza a la compresión del concreto. Dicho estudio muestra que la demanda de agua disminuye de manera proporcional al aumentar el MF, alcanzando una baja del 16% para el módulo de finura más alto (3,39). La absorción de agua aumenta proporcionalmente a la disminución del módulo de finura, pasando del 3,1% al 4,3%. El módulo 3,39 tiene una firmeza a tensión del 62% en comparación con el módulo 2,15. El módulo de finura tiene un impacto significativo en la densidad aparente del hormigón. El MF, puede determinar que mediante la filtración de agua y la firmeza a compresión estén fuertemente relacionados.

Ferreira, D., Oller, E., Bairán, J., Carrascón S., Marí A. [7]: en esta investigación experimental de vigas de concreto armado cuyo contenido de finos supera los límites permitidos por la directiva EHE-08. Aunque se produzca un efecto mínimo en el contenido de finos sobre la respuesta a la flexión en la región estudiada, se observa una reducción significativa en la resistencia al corte, especialmente para vigas con alto refuerzo longitudinal y de corte. La caída de carga final puede ser de hasta un 23% dado que la reducción de las partículas mecánicas del concreto, especialmente las fuerzas de corte afectadas por la fricción de las fisuras. Finalmente, las pruebas confirmaron que el modelo de análisis numérico de evolución no lineal puede anunciar eficazmente el comportamiento de las estructuras de hormigón.

Martínez Zamora L. y Torres Fuentes M. [8]: Considera una investigación detallada con la finalidad de obtener información considerable dentro de la Norma Cubana 251 de 2005 relativa a finos en arenas. Los resultados revelan que el límite podría elevarse al 7%, dado que se perciba una limitada presencia de arcilla mediante ensayos. La cual determinaron prescripciones, se correlacionaron datos de confiabilidad y se examinaron parámetros como el equivalente de arena y el azul de metileno para evaluar allí idoneidad de las arenas calizas trituradas en

comparación con las arenas naturales. En tanto se corrobora el uso de arenas trituradas de Matanzas, lo que resalta la posibilidad de ahorrar dinero en el transporte. Los hallazgos demuestran la validez y relevancia práctica de este estudio.

Muñoz Umaña F. y Carlos Oreamuno J. [9]: refieren que, en Costa Rica a través del valle central, se observó gran cantidad de finos en las arenas de tajo, que podrían ser de origen puzolánico. Se examinó que tan influyentes son los finos en la resistencia y manejabilidad del concreto cuando se introdujeron nuevos tipos de cemento en el mercado. Las pruebas se llevaron a cabo con mezclas que contenían cemento Portland puzolánico (IP) y cemento Portland cambiado con caliza (MC) mezclados con adherido grueso de río y fino de tajo. Se introdujo material fino en varias proporciones y se evaluó su resistencia a 210 kg/cm² y 280 kg/cm² durante 7, 28, 56 y 100 días de curado, manteniendo la granulometría según las normas ASTM.

Stewart J., Norwell J., Juenger, Maria C. G. y Fowler D. W. [10] : Este estudio sobre áridos finos examina la restricción de ASTM C 33 para una fracción de concreto menor a 75 µm. Aunque anteriormente se consideraba de bajo rendimiento, especialmente al asociarse con arcilla, se examinan áridos finos manufacturados. Se están creando técnicas para caracterizar y evaluar los efectos de los microfinos en el concreto y se busca modificar la norma para permitir porcentajes más altos. Se seleccionaron catorce variedades de agregados para evaluación y se determinaron su inclusión o exclusión en el proceso de fabricación del concreto mediante pruebas sencillas y técnicas avanzadas. A través de la valoración de mezclas de mortero y adherido con microfinos de varios áridos, el objetivo del proyecto es determinar si estas pruebas y el rendimiento del concreto están relacionados. Obteniendo los siguientes resultados. Los ensayos de caracterización no encontraron ninguna conexión entre el comportamiento del concreto. Según los datos, el concreto con microfinos puede utilizarse sin efectos secundarios significativos y las arcillas aumentan la demanda de agua/aditivo, disminuyen la resistencia a la compresión y aumentan la contracción mediante secado.

Antecedentes Nacionales

Escobedo Muñoz C. A. y Torres Jara N. J. [11]: La tesis, llevada a cabo en Arequipa, tiene como objetivo medir el impacto del material no retenido por el tamiz #200 en las características estructurales del concreto. Estos factores incluyen el módulo de Young (E), la proporción de

Poisson y la resistencia a la compresión (f'_c) de un concreto estructural de 210 kg/cm². Los porcentajes del material no retenido (5%, 12,5 %, 15% y 17,5%) se utilizaron para reemplazar el árido fino. El estudio desarrollo un método cuantitativo y un diseño experimental para producir 25 muestras en forma de cilindro. En comparación con el diseño estándar, el FC aumentó en todos los diseños experimentales para un 12.5 %, un 15 % y un 17.5 %. En estos diseños, los módulos de elasticidad también fueron superiores, mientras que el coeficiente de Poisson cumplió con los estándares en todos los casos. El aumento del material no retenido redujo el asentamiento del concreto no fraguado. Estos hallazgos indican que las propiedades del concreto estructural se mejoran al reemplazar el material no retenido.

Luis Matías Tejada Arias [12]: Se realizó una investigación en Cajamarca, Perú, con el fin de evaluar los efectos de los materiales muy finos (MMF) en los agregados en términos de propiedades y costos del concreto. Se obtuvieron tres distintos tipos de agregados con diferentes porcentajes de MMF utilizando materiales de la cantera Huayrapongo, que había sido lavado. Se desarrollaron tres procedimientos diferentes para obtener el MMF, elaborando el concreto con los mismos materiales, pero diferentes porcentajes de MMF: 2,21%, 1,24% y 0,23%. El asentamiento, el peso unitario, la resistencia a la compresión durante 7, 14 y 28 días, el desarrollo de la resistencia, la uniformidad, el módulo de elasticidad y el costo por metro cúbico se evaluaron todos. Los concretos con un 1,24% y un 0,23% de MMF demostraron mayor resistencia final, superando al concreto con un 2,21% en un 27,0 % y un 23,0 %, respectivamente. La consistencia, el peso unitario y el desarrollo de resistencia del concreto fueron afectados por la reducción de MMF. Además, los costos calculados fueron S/.320.18, S/.354.91 y S/.441.93 para los porcentajes de MMF mencionados, respectivamente.

Pacsi Catacora, Rubén Alexander [13]: El estudio realizado en la Ciudad Universitaria de la UNA-Puno analizó que a través de agregados empleados por EMSA-Puno en la construcción de tuberías de agua, que contenían una gran proporción de material fino. El lavado de los agregados redujo este porcentaje, lo que demostró que este proceso tiene un impacto en las propiedades físicas de los agregados finos, sin involucrar a los gruesos. Dichos materiales de los diseños de mezcla utilizando agregados lavados y naturales no diferían significativamente. Siempre y cuando se siguiera un proceso de curado adecuado, el concreto con agregados lavados demostró una mayor resistencia, con una diferencia estadística del 152.1% en comparación con los naturales. Para obtener una resistencia ideal con agregados lavados, se destacó la precisión de incrementar el contenido de cemento en un 10%, mientras que con

agregados sin lavar se requería un aumento superior al 30%. Aunque el concreto con agregados lavados tenía un mayor peso volumétrico, sin un proceso de curado adecuado, disminuyó un 64.4%.

Bases teóricas

Elementos del concreto

Concreto

Los minerales se fusionan mediante las propiedades de cohesión y adherencia del cemento, un aglutinante esencial en la construcción. El término latino para "argamasa" es el origen de su nombre. Se pueden distinguir dos categorías: la arcillosa, que se produce a partir de arcilla y piedra caliza; y la puzolánica, compuesta de puzolana alúmino-silíceo de origen volcánico u orgánico. La mayoría de las veces se usa "cemento hidráulico", que es una mezcla de materiales calcáreos, arcillosos, sílice, alúmina y óxidos de hierro. El proceso produce clínker triturado, que es la base del cemento, utilizando altas temperaturas. Su solidez como aglutinante y su capacidad para fraguar y endurecer con agua lo hacen esencial para la construcción [14].

La estructura del concreto tradicional

Cemento

El cemento Portland, un aglutinante hidráulico, se compone de partículas inorgánicas molidas que han sido mezcladas con agua para crear una pasta que endurece a medida que se hidrata. Cada partícula crea una capa fibrosa que se une a otras, aumentando gradualmente la rigidez, la resistencia y el endurecimiento. A nivel mundial el cemento es el material más utilizado dentro de la construcción porque actúa como adhesivo al añadir a los agregados como la arena y grava. En construcciones notables, incluso en condiciones difíciles, los hormigones basados en cemento Portland demuestran su resistencia y durabilidad. Se fabrican variedades para usos particulares, según normas como la NTP 334.009 del Perú, basada en ASTM C 150, que establece cinco tipos de cementos [15].

Tipos de cemento

Tipo I: Este tipo se utiliza con frecuencia en concretos no expuestos a agresiones externas, como sulfatos mediante el suelo o el agua, o en concretos que han sido sometidos a altas temperaturas por hidratación. Se utiliza cuando no se requieren las características particulares de otras clases de cemento. Sus aplicaciones incluyen pavimentos, pisos, estructuras de hormigón armado, puentes, estructuras ferroviarias, tanques, depósitos de agua, tuberías, mampostería y materiales prefabricados de hormigón [16].

Tipo II: Según este tipo se debe proveer para evitar un ataque moderado de sulfatos, ya que se utiliza para especificar los topes máximos de calor en hidratación, este cemento produce un bajo nivel de calor que el tipo I. Es utilizado a través de proporciones con un volumen considerable, tales como; muros de contención, estribos gruesos y pilas de tamaño regular [16].

Tipo III: Tiene una alta resistencia a edades tempranas. El cemento tipo I es física y químicamente similar, excepto que sus partículas se han molido muy fino. Cuando se necesita poner en servicio la estructura rápidamente o cuando las cimbras o encofrados deben retirarse lo más rápido posible, se utiliza [16].

Tipo IV: Incrementa la resistencia más lentamente que otros tipos de cemento y disminuye la cantidad de calor y la tasa de hidratación. Está diseñado para grandes estructuras de hormigón, como grandes presas de gravedad. [16].

Tipo V: Amplia la resistencia de manera lentamente en comparación a un cemento tipo I. Se consigue aumentar la potencia a los sulfatos agregando aire o cemento. Este tipo de cemento se utiliza en estructuras que están expuestas a altas concentraciones de sulfatos, particularmente en áreas con altas concentraciones de sulfatos en el suelo o el agua freática [16].

Cemento Portland Cemex Tipo I:

Se utiliza para uso general, es un cemento ideal en la construcción de diferentes elementos estructurales, ya sea columnas, losas vigas, muros y cimentaciones, etc. Así mismo, genera un adecuado comportamiento con respecto a la fabricación de prefabricados ya sea postes de concreto, adoquines y vigas, etc. [17]

Por el comportamiento de su curva al producir concretos, permite tener un comportamiento que requiera de mayor resistencia inicial [17].

Agregados para el concreto

Agregado fino

El concreto de alto desempeño se beneficia de un agregado fino con gránulos redondeadas y texturas suaves, que demanda poca agua al ser mezclado. Dado que su mayor superficie específica afecta la cantidad de pasta para cubrir todas las superficies, su influencia

en la proporción de la mezcla es mayor que la del agregado grueso. En el concreto, la granulometría ideal del agregado fino depende más del consumo de agua que de la disposición física. Según la experiencia, las arenas con un índice de finura inferior a 2.5 producen hormigón pegajoso, mientras que las arenas con un índice de finura superior a 3.0 brindan un óptimo trabajo y firmeza de acuerdo a su compresión[15].

Agregado grueso

Según muchos estudios, es necesario reducir el tamaño máximo (TM) del agregado (12,7 a 19 mm) logrando una resistencia con una proporción de cemento más alta y una relación a/c más baja. Debido a la mayor superficie específica de las partículas, la reducción de dicho tamaño aumenta la resistencia al disminuir los esfuerzos de adherencia. Las fuerzas de vínculo se ven afectadas por la forma, textura y reacciones químicas del agregado grueso. Además, el TM afecta la probabilidad de que se produzcan fisuras como resultado de procesos de cantera. Aunque agregados más pequeños reducen la concentración de esfuerzo, la angulosidad debe mantenerse equilibrada para evitar efectos en la trabajabilidad y el consumo de agua. El agregado óptimo debe ser limpio, cúbico, anguloso, completamente triturado y con una cantidad mínima de partículas elongadas y planas.[15].

Tamaño máximo

Se le denomina a la pequeña parte del tamiz por el que puede atravesar la muestra del agregado [18].

Tamaño máximo nominal (TMN)

Se considera al menor tamiz por ende se produce el primer retenido [18].

Clasificación de los agregados

Agregados según su procedencia

Estos se producen de dos tipos: naturales o artificiales, los primeros se logran mediante la explotación de arrastres fluviales ya sea arenas o gravas de río, así mismo como las canteras que contienen gran variedad de rocas y piedras naturales. En cambio, los agregados artificiales son producidos por medio de técnicas industriales; arcillas expandidas, limaduras de hierro, etc. [19].

Agregados según su tamaño

Los agregados naturales se clasifican principalmente por su tamaño, estos se separan desde fragmentos diminutos de milímetros hasta varios centímetros, donde existe la clasificación general que se le conoce como granulometría [19].

A continuación, se presenta una clasificación más común de los agregados para la preparación del concreto:

Tabla 1: Clasificación de los agregados

Tamaño de las partículas en mm (Tamiz)	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
< 0.002	Arcilla	Fracción muy fina
0.002 – 0.074 (Nº 200)	Limos	
0.075 – 4.76 (Nº 200) – (Nº 4)	Arena	Agregado fino
4.76 – 19.1 (Nº 4) – (3/4")	Gravilla	
19.1 – 50.8 (3/4") – (2")	Grava	
50.8 – 152.4 (2") – (6")	Piedra	Agregado grueso
> 152.4 (6")	Rajón Piedra bolsa	

Fuente: [19]

Agregados según su densidad

Siendo la densidad, propiedad que se determina como la relación entre la masa de un molde y el espacio que genera; por lo que los agregados se pueden clasificarse de la siguiente manera:

Tabla 2: Agrupación de los agregados según su densidad

Clasificación del agregado	Masa unitaria aproximada (kg/m³)		Variedades más comunes de agregado	Ejemplos de uso
	Del agregado	Del concreto		
<i>Liviano</i>	480 - 1300	13 – 100 500 - 1350	Pizarras expandidas, esquistos, escoria, arcillas.	Concretos livianos estructurales
Normal	1300 - 2000	2000 - 2500	Arena, grava, piedra triturada, Clinker.	Obras en concreto general
Pesado	2000 – 5600	> 2500	Barrita, limonita, magnetita.	Concretos para macizos de anclaje

Fuente: [19]

Agua para concreto

Sin el agua no se podría realizar la mezcla del concreto por ende debe cumplir ciertos requisitos de acuerdo a su importancia dentro de la construcción. De los cuales esta debe ser limpia y no contener ácidos, sales, material orgánico u otras componentes que afecten al concreto [20].

Además, dado que el agua representa aproximadamente del 14% al 18% del volumen total de la mezcla, dándole fluidez y facilitar la manipulación adecuada durante la etapa de colocación del concreto (trabajabilidad) [21].

Sin embargo, el agua de mezcla tiene funciones en las que principalmente seria: 1. La reacción con el cemento para lograr su hidratación. 2. Este actúa a modo de lubricante para mejorar la trabajabilidad. 3. La creación de la estructura de poros necesaria en la pasta [21].

Lo cual debe seguir con los limites permisibles:

Tabla 3: Limites aceptables - Agua de mezcla y curado

Descripción	Limite permisible (máximo)
Sólidos en suspensión	5,000 ppm
Materia orgánica	3 ppm
Alcalinidad (NaCHCO ₃)	1,000 ppm
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000 ppm
pH	5 a 8

Fuente: [21]

Material fino que pasa el tamiz #200

Se considera a la proporción que atraviesa el tamiz con una abertura de tamaño #200 se obtiene al tamizar un material granular fino, donde se utiliza un tamiz específico que contiene #200 aberturas por pulgada (25,4 mm) [4].

El cual implica que las dimensiones de las partículas de un material que se logra pasar mediante el tamiz tienen un tamaño de 0.074mm. Estas partículas, debido a su pequeño tamaño son comúnmente denominadas “fracción mínima” [4].

Así mismo, al realizar un análisis de granulometría del agregado fino, las partículas que atraviesan el tamiz #200, o aquellas que tienen un diámetro inferior a 0.074mm, se les conoce como limos [4].

Principales propiedades del concreto fresco

Trabajabilidad

Debido a que implica la capacidad de mezclar, manipular, transportar y compactar el concreto fresco sin sufrir segregación ni exudación, la manejabilidad es crucial. La eficiencia del concreto en diferentes elementos estructurales que se han visto afectados por el tamaño y la forma de los elementos a construir, lo que afecta esta propiedad. Por lo tanto, es crucial realizar pruebas para evaluar las características particulares del concreto [20].

Consistencia

El grado de humedecimiento, que se puede calcular utilizando una variedad de técnicas, incluyendo la prueba de asentamiento o la prueba de slump, es el concepto que se emplea para cuantificar la cantidad de agua que hay en la mezcla. Esta prueba es ampliamente aceptada a nivel internacional y se enfoca únicamente en evaluar la consistencia del concreto [20].

Peso unitario del concreto en estado fresco

La densidad o peso propio del concreto se calcula comparando el peso del concreto que se requiere para llenar un molde de probeta con un volumen específico. Este se obtiene del peso varillado y compactado de una muestra de concreto, y se expresa como la cantidad de masa por cada unidad de volumen en kg/m³. [22].

Temperatura del Concreto

Se ha establecido como un método altamente confiable para certificar la calidad del concreto el manejo controlado de la temperatura desde las fases iniciales del proceso hasta su vertido en la estructura y el desarrollo del fraguado. En condiciones de altas temperaturas, es posible que la solidez y la capacidad de resistencia del concreto se vean comprometidas, lo cual resulta inaceptable. La ganancia de calor de la mezcla está condicionada por una variedad de factores, comprendiendo los sistemas de colocación y la geometría; en otros casos, las proporciones de cemento son el factor más importante [23].

Contenido de aire

Está presente en el concreto por ende son encontrados en los espacios vacíos de los agregados que tienen una forma de burbujas, estas se generan en el proceso de mezclado. Además, el porcentaje de aire varía entre 1% y 2% del volumen de mezcla [23].

Principales propiedades del concreto endurecido

Resistencia a la compresión

Nos hace referencia respecto a la capacidad del material esto con el fin de resistir cargas o fuerzas que son aplicadas sobre este, considerando los esfuerzos ya sea a compresión, flexión, tracción y corte. Esta resistencia es determinada por medio de ensayos en los que se somete el concreto y se evalúa, a fin de tener en cuenta la resistencia para dicho factor ya que depende de los materiales utilizados, la proporción utilizada y una adecuada mezcla de materiales y el curado. Por lo tanto, para obtener una construcción optima es primordial evaluar las pruebas necesarias de control de calidad para garantizar la resistencia requerida y por ende la estructura sea durable [19].

Ensayos de los materiales

Ensayo del porcentaje de humedad de los agregados mediante el proceso de secado - NTP 339.185

Los poros de los agregados están expuestos al clima y pueden contener agua, lo que crea un nivel de humedad. Este factor es importante porque indica si los agregados añadirían agua en el proceso para obtener la mezcla [24].

Se extraerá muestras representativas de los agregados de acuerdo con las regulaciones actuales y, si es necesario, reducir las muestras mediante la técnica de cuarteo. Utilizar una balanza para medir el peso exacto de una porción de la muestra. Luego, colocar el recipiente con la muestra en un horno previamente calentado a una temperatura específica durante un tiempo determinado. Finalmente, saque la muestra del horno y déjela enfriar en un desecador para registrar el peso seco y calcular [24].

Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso - NTP 400.012

Según las normas vigentes, se deberá obtener una muestra representativa tanto del agregado fino y agregado grueso, asegurándose que no contenga partículas no deseadas o materiales indeseados. El agua se usa para lavar las partículas más pequeñas con tamices más pequeños en el agregado fino, mientras tanto el agregado grueso usa agua para eliminar los materiales finos que se adhieren a las partículas más grandes. Posteriormente, coloque los tamices en una disposición descendente de abertura de malla, desde el más grande en la parte superior hasta el más pequeño en la parte inferior. Realiza el tamizado de la muestra de agregado utilizando un conjunto de tamices de acuerdo con los procedimientos establecidos. Luego, calcula el porcentaje que atraviesa cada tamiz pesando cada fracción de agregado retenida. Finalmente, utilizando los datos recopilados, muestra la curva granulométrica en una gráfica [25].

Tabla 4: Límites de granulométricos del A.F

Malla		% que Pasa (Acumulativo)
3/8"	9.50mm	100
Nº4	4.75mm	95 a 100
Nº8	2.36mm	80 a 100
Nº16	1.18mm	50 a 85
Nº30	600.µm	25 a 60
Nº50	300.µm	10 a 30
Nº100	50.0µm	2 a 10

Fuente: [25]

Ensayo para determinar la masa por unidad de volumen y vacíos en los agregados - NTP 400.017

Obtenga una muestra representativa del agregado siguiendo los estándares establecidos y asegúrese de que no contenga partículas extrañas o materiales indeseados. Posteriormente, coloque la muestra en un horno a temperatura controlada hasta que esté completamente seca. Luego se debe pesar el recipiente de medida vacío, use una balanza de precisión y registre este peso como referencia. Luego, llena el recipiente con la muestra seca con una cuchara, compactando cada capa con una varilla compactadora. Registre el peso de la muestra

compactada dentro del recipiente. Finalmente, restando el peso del recipiente respecto del peso de la muestra, calcula la masa del agregado[26].

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso / NTP 400.022 - NTP 400.021

Agregado Fino

A través del agregado fino se puede obtener una muestra representativa en referencia a la norma. Después, seque la muestra en un secador o estufa hasta que esté completamente seca. Cuando esté vacío, pesa el molde de medida, ya sea un cilindro graduado o un picnómetro, con una balanza de precisión y registra este peso. Para garantizar una distribución uniforme de las partículas, llene el molde con la muestra seca y compacte suavemente. Registre el peso del molde con la muestra seca. Luego, llene dicho molde con agua hasta que la muestra esté completamente cubierta y retire cualquier burbuja de aire. Finalmente, pesa el picnómetro con la muestra sumergida en agua y anota el peso. Este método es fundamental para determinar las propiedades físicas del agregado fino en condiciones secas y sumergidas, como la densidad relativa y la absorción [27].

Agregado Grueso

Dicho ensayo tiene como proceso; lavar la muestra, sumergirla en agua durante 24hrs y luego secar la superficie de estas. Se realiza una primera pesada superficial en seco, seguida de una segunda pesada se sumergió la canastilla dentro del agua Luego, se pesa la canastilla y con la muestra sumergida en agua. Después la muestra se coloca en un horno a una temperatura de 110°C por 24hrs, para luego ser retirada y pesada determinado su densidad. Dicho procedimiento brinda datos importantes sobre la densidad y la absorción de los agregados, lo que es fundamental para garantizar la calidad de los materiales empleados en la construcción [28].

Equivalente de arena - NTP 339.146

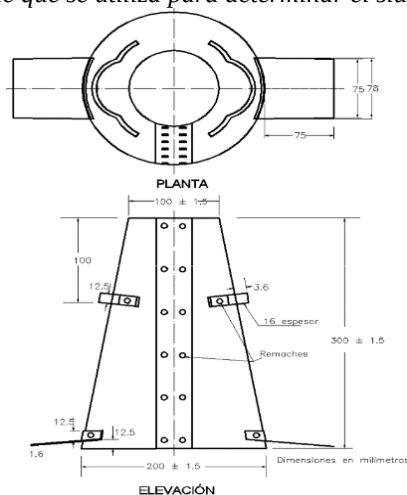
El propósito de este ensayo de arena equivalente (agregado fino) es especificar la calidad y la cantidad de impurezas en la arena utilizada en la construcción. Este ensayo es crucial porque ayuda a determinar si la arena cumple con los estándares para su uso en aplicaciones. El ensayo de equivalente de arena compara la cantidad de partículas de arena fina y arcilla en la muestra de arena. Esto se logra utilizando un equipo especializado que mide la cantidad de arena que puede pasar a través de un tamiz y la cantidad de material no soluble en agua que queda retenido en la malla. El porcentaje de equivalente de arena muestra los resultados del ensayo; un valor alto indica una mayor cantidad de partículas de arena fina, mientras que un valor bajo indica una mayor cantidad de partículas de arcilla u otros materiales no deseados.

Ensayos del concreto en estado fresco

Ensayo de asentamiento del concreto - NTP 339.035

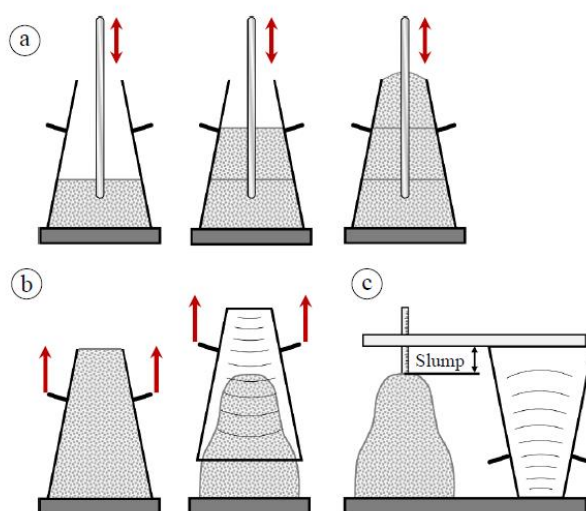
Antes de comenzar el ensayo de asentamiento del concreto a través del método de Abrams, es esencial que al utilizar el cono esté limpio y húmedo. Se aplica 25 golpes uniformes con la varilla compactadora en cada capa después de colocar el cono de Abrams firmemente sobre la placa de base. Asegurarse de que la superficie del concreto esté uniforme entre cada capa. Levante el cono de manera uniforme, evitando movimientos torsionales y asegurándose de no golpear el concreto. Posteriormente, utiliza una regla graduada en milímetros para medir el asentamiento del concreto desde la parte superior del cono hasta la cima de la masa de concreto. Finalmente, registra el valor de asentamiento en milímetros.

Ilustración 1: Molde que se utiliza para determinar el slump del concreto



Fuente: [29]

Ilustración 2: Procedimientos para el ensayo de asentamiento



Fuente: [30]

A continuación, se presentan diferentes clases de mezcla según su asentamiento y condiciones para su colocación:

Tabla 5: Nivel de asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: [31]

Ensayo de temperatura

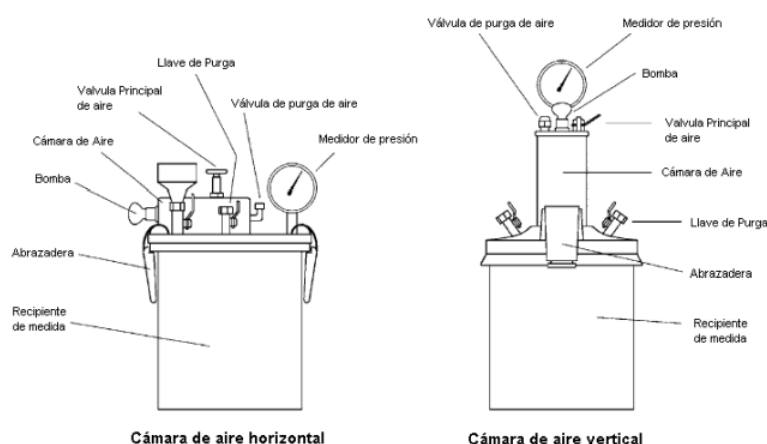
Al realizar la mezcla del concreto la temperatura tiende a estar influenciada, así como el calor específico de sus componentes; ya que el agregado representa el mayor volumen de la mezcla y puede generar un impacto efectivo en la temperatura del concreto [32].

Ensayo del contenido de aire

El aire que se encuentra en el concreto es un factor importante que se tiene en cuenta durante la mezcla y el proceso de colocación de este, además esto puede influir en significativamente en la resistencia y durabilidad del concreto [19].

Generalmente el contenido de aire en un concreto que no utilice materiales inclusores se aproxima entre 1% y 2% del volumen total, mientras que para concretos con inclusores podrían alcanzar entre un 4% y 8% de contenido de aire. Además, existen dos factores que influyen en la calidad del aire, el primero es la cantidad de material que pasa por un tamiz de 75 micras (N°200) y el otro sería la presencia de material orgánico. Considerando al material que pasa el tamiz de 75 micras, principalmente en forma de arcillas pueden reducir la cantidad de aire en el concreto [19].

Ilustración 3: Aparato medidor de contenido de aire – Tipo B



Fuente: [19]

Ensayo de peso unitario

Es definido como el porcentaje de un determinado volumen de concreto, que es calculado por el peso unitario del concreto y el peso varillado de una muestra y se expresa en kg/m³. Además, la gravedad específica y cantidad de agregado afectan en el peso unitario de la mezcla fresca. Así también, las peculiaridades de los agregados influyen en la densidad del concreto [32].

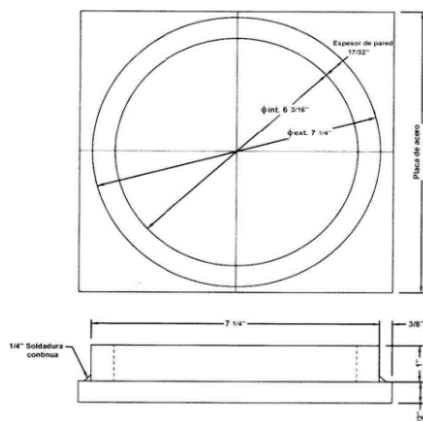
Ensayos del concreto en estado endurecido

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

Antes de realizar la prueba de resistencia a la compresión a través de muestras cilíndricas de concreto, es fundamental asegurarse que se hayan almacenado y curado adecuadamente. Realiza una inspección visual para identificar cualquier defecto o irregularidad potencial. Medir con precisión el diámetro y la altura de cada cilindro y ajustar la máquina de ensayo para

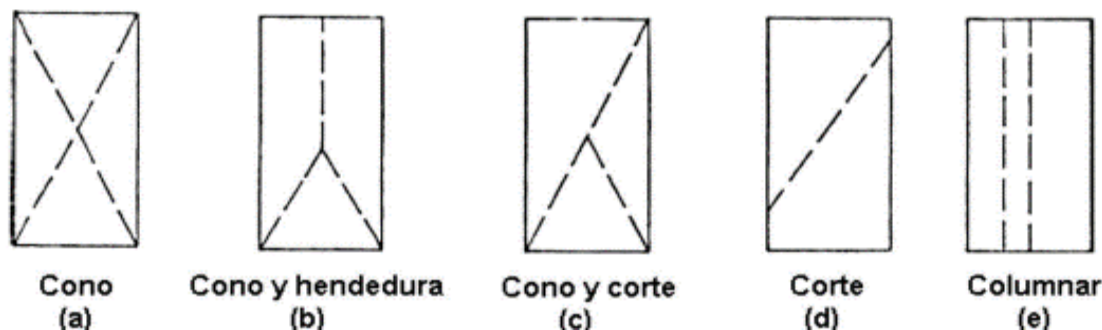
garantizar que la carga axial se aplique uniformemente. Coloque placas de compresión en ambos extremos de la muestra para asegurarse de que esté nivelada y en contacto total con la superficie del cilindro. Se centra la muestra en la máquina y se aplica una carga axial progresiva hasta que falla. Registre la carga máxima aplicada y las deformaciones resultantes durante el proceso [33].

Ilustración 4: Esquema de un bloque de carga



Fuente: [34]

Ilustración 5: Esquemas de los tipos de falla



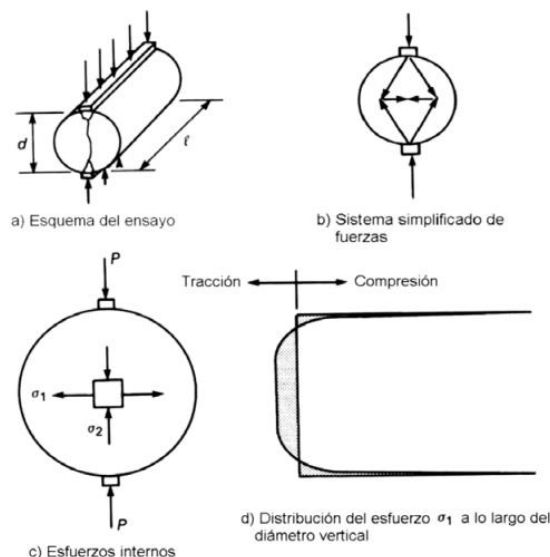
Fuente: [34]

Ensayoo de la resistencia a tracción indirecta del concreto

De manera general, el concreto presenta una resistencia relativamente baja cuando se somete a esfuerzos de tracción, por ende, no ha sido tomado en cuenta en el diseño de estructuras de manera convencional. Así mismo, la resistencia a la tracción está relacionada mediante la formación de grietas dentro del concreto, las cuales son causadas por la contracción provocada ya sea mediante el secado o las variaciones de temperatura, lo cual generara energías internas. En particular para determinar la resistencia a la tracción es complejo ensayar en método directo,

ya que generar ciertas dificultades al momento de colocar las muestras. Donde se obtendría una tracción muy resistente [20].

Ilustración 6: Resistencia de compresión diametral



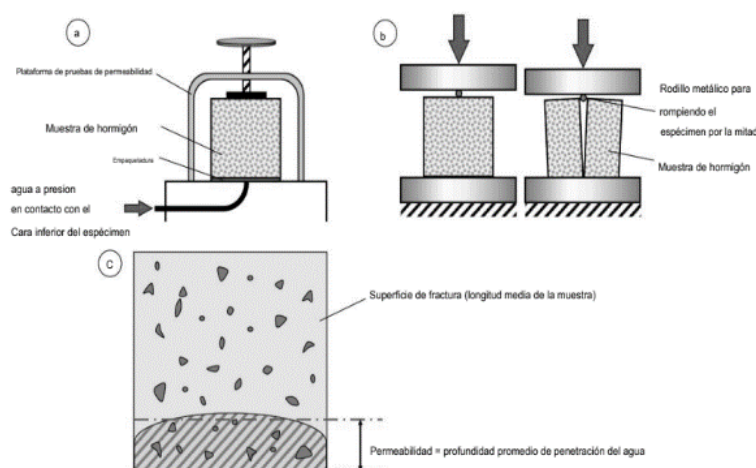
Fuente [35]

Ensayo de profundidad de penetración bajo presión de agua – permeabilidad

La propiedad que indica la capacidad de un fluido para atravesar los poros disponibles en un material debido a una diferencia de presión se denomina conductividad hidráulica. El coeficiente de permeabilidad es una característica del concreto mediante el cual se puede obtener información importante de la estructura interna y calidad de este. Además, tiene como finalidad establecer la profundidad de penetración del agua a presión constante en probetas de concreto que serán curadas durante 28 días [36].

Según la norma, las muestras se someten a inspección durante tres días. Para cada diseño de mezcla en base a las probetas de concreto. Después de la aplicación de la presión ejercida en un tiempo determinado se rompe por el método de tracción indirecta, la cual se obtendrán dos caras para tomar lecturas de cuanto ha penetrado el agua [36].

Ilustración 7: Vista esquemática de la prueba de permeabilidad



Fuente: [30]

Ensayo del cambio de longitud de vigas de concreto expuestas en soluciones de sulfato de sodio

La inmersión de los sulfatos de manera sólida no afecta considerablemente al concreto, pero sí cuando estas se disuelven en agua, reaccionando con el concreto en estado endurecido. Así mismo, el concreto cuando es atacado por sulfatos tiene un aspecto blanquecino, estos pueden afectar en los bordes y ángulos de las muestras, así como también pueden producirse agrietamientos o descascaramientos que se generarían en el concreto. Por tanto, la resistencia del concreto se vería afectada considerablemente, lo cual en método de ensayo para determinar estas decadencias es necesario colocar en inmersión de la solución de sulfato de sodio o magnesio, muestras en las que se evaluarían. Además, estas una vez que se han humedecido, los efectos que generan en gran medida es una baja resistencia en las muestras, esto por la variación en el módulo de elasticidad y expansión, como también dependerían de su impermeabilidad [20].

Además, el método de prueba que establece la norma ASTM C 1012, determinan el cambio de longitud de vigas de mortero inmerso en solución de sulfato. Así mismo, en la norma menciona tomar como referencia a la norma modificada para el cambio de longitud en concretos endurecidos. Por lo que la variación se realiza de acuerdo al cambio de dimensiones para las vigas de expansión de acuerdo la norma que serán de 2.5 x 2.5 x 28.5 cm, modificándose a las de 7 x 7 x 28.5 cm. Este cambio dado por las dimensiones de los moldes establecidos por la norma no se puede garantizar obtener resultados favorables, en tanto se debe tener en cuenta que el tamaño máximo del agregado es de 3/4" [37].

Ilustración 8: Medición e instrumentos para ensayo



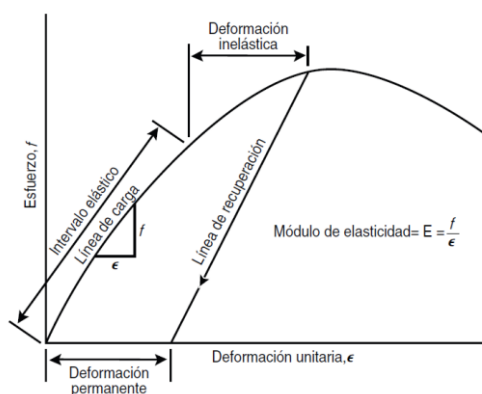
Fuente: [37]

Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad del concreto

Cuando el concreto se encuentra en estado endurecido y se somete a una carga moderada, este experimenta un comportamiento elástico, a través de la muestra en una curva esfuerzo-deformación del concreto, considerándose como una función lineal como la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\text{esfuerzo unitario}}{\text{deformación unitaria}}$$

Ilustración 9: Curva genérica de esfuerzo-deformación unitaria



Fuente: [38]

Esta representa la resistencia del concreto al deformarse cuando se aplica una carga. Además, se debe reconocer que la relación a/c, la edad y el módulo elástico de los agregados;

son los elementos principales que determinan el módulo de elasticidad para un concreto y a su vez estas características estarían relacionadas con la resistencia a la compresión.

Método de ensayo para determinar el coeficiente de Poisson

Es considerado como; módulo de Poisson al nexo que existe cuando una muestra de concreto se somete a una carga de compresión lo que se ocasiona una deformación longitudinal, así mismo, cuando se comprime en una dirección transversal de la fuerza aplicada.

Según la norma ASTM C-469 muestra la forma de establecer el coeficiente de Poisson, con la siguiente formula:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0.00005}$$

Donde:

- ε_{t2} es la deformación transversal cuando el esfuerzo es igual al 40% del esfuerzo ultimo.
- ε_{t1} es la deformación transversal equivalente a la deformación longitudinal igual a 0.00005.
- ε_2 es la deformación longitudinal que surge cuando el esfuerzo es igual al 40% del esfuerzo ultimo.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Es de tipo aplicativo, ya que buscó resolver una situación problemática mediante procesos prácticos, y no centrándose en la generación de un conocimiento de alcance general.

En cuanto al análisis de los datos, se empleó un enfoque cuantitativo ya que se obtuvieron resultados de forma numérica a partir de una recolección y procesamiento de datos, los cuales a su vez estarán dentro de una serie parámetros admisibles; y de tal forma lograr una mejor precisión y confiabilidad, ya que se contarán con pruebas concretas para respaldar la hipótesis planteada.

Con relación a la metodología para realizar la comprobación de la hipótesis, se utilizó un enfoque experimental, puesto que, para obtener los resultados esperados es de gran importancia verificar la efectividad del exceso de porcentajes de material fino, lo cual se evidenciará por los diferentes ensayos prácticos que se elaboraran en el laboratorio y contribuir al desarrollo de nuevos límites de sustancias deletéreas para el agregado fino.

Nivel de investigación

Dicha investigación consta del siguiente nivel:

La investigación consta en medir el efecto de la variable independiente. Esto implica evaluar la influencia de como la variable independiente influye con relación a la variable dependiente; dicha evaluación se llevó a cabo una vez que se han completado y culminado con los ensayos correspondientes.

Población muestra y muestreo

Población

Es definido como la generalidad de un grupo que va ser estudiado. Se pudo encontrar 105 probetas de 4" x 8" (102 x 203 mm) para compresión, 45 probetas de 6" x 12" (152 x 305 mm) para los ensayos de tracción indirecta, módulo de elasticidad y permeabilidad y 15 vigas prismáticas de 7.5" x 7.5" x 28.5".

Muestra

Concreto en estado fresco

Es determinado mediante la cantidad de muestras que se establece en cada uno de los ensayos que han sido realizados en estado fresco.

Además, al establecer el asentamiento del concreto se evaluó 1 ensayo con respecto a cada diseño, en la cual se recomienda tener que realizar el ensayo y verificar que el slump sea el correcto.

En lo que concierne al peso unitario del concreto se registrarán 6 muestras tanto para el diseño de muestra patrón tal como cada uno de los diseños con porcentajes de material fino (9%, 12%, 15% y 18%), de tal forma se obtuvo un promedio que establece el peso unitario del concreto fresco. Teniendo un total de 30 muestras.

Así mismo, para el ensayo de temperatura se registrará 1 muestra, con relación al diseño de mezcla y cada uno de los diseños con porcentajes de material fino (9%, 12%, 15% y 18%).

Tabla 6: Número de muestras para el concreto, realizadas en estado fresco

Muestra	Asentamiento	Temperatura	Peso Unitario
		N° de ensayos	
Muestra Patrón	1	1	1
M. Patrón + 9% M.F	1	1	1
M. Patrón + 12% M.F	1	1	1
M. Patrón + 15% M.F	1	1	1
M. Patrón + 18% M.F	1	1	1
Total por ensayo	5 probetas	5 probetas	5 probetas

Fuente: Elaboración propia

Concreto en estado endurecido

Es determinado mediante la cantidad de probetas y vigas elaboradas según en lo especificado en cada norma establecida para cada ensayo, considerando la adición de los diferentes porcentajes de finos (9%, 12%, 15% y 18%):

Respecto a la resistencia a la compresión del concreto se ensayarán 3 probetas por diseño y por cada edad de ruptura que serán a los 3, 7, 14, 21, 28, 56 y 90 días, teniendo un total de 105 probetas con dimensiones de 4" x 8".

Para el ensayo de resistencia a la tracción se realizarán muestras ensayadas a los 28 días, considerando 3 ensayos representativas para el diseño de mezcla patrón como para el diseño

con los diferentes porcentajes de material fino (9%, 12%, 15% y 18%). Donde se tendrá un total de 15 probetas, tal como se muestra en la (tabla 8).

Para el ensayo de profundidad de penetración bajo presión de agua - permeabilidad se contaron con probetas de 6"x12", teniendo 3 probetas para el diseño de mezcla de muestra patrón y muestras con los diferentes porcentajes en su totalidad de material fino ya mencionados, y serán curados a los 28 días. Teniendo un total de 15 probetas de muestra, tal cual se registra en la (tabla 8).

Se utilizarán probetas de forma cilíndricas para el ensayo de módulo de elasticidad de 6" x 12", de las cuales fueron curadas a los 28 días. Obteniéndose un total de 15 probetas tanto para el diseño de mezcla de muestra patrón y muestras con la adición de diferentes porcentajes de material fino como se verifica en la (tabla 8).

Finalmente, se realizarán vigas para determinar los cambios de longitud expuestos a solución de sulfatos de 7.5cm x 7.5cm x 28.5cm, considerando 3 vigas representativas por cada muestra ya sea de muestra patrón como muestras con adición de los otros porcentajes en su totalidad de material fino, como se adjunta en la (tabla 9).

Tabla 7: Resistencia a la compresión f'_c 210 kg/cm²

Resistencia a la Compresión							
Fc=210 kg/cm²	3 días	7 días	14 días	21 días	28 días	56 días	90 días
Muestra Patrón	3	3	3	3	3	3	3
M. Patrón + 9% M.F	3	3	3	3	3	3	3
M. patrón + 12% M.F	3	3	3	3	3	3	3
M. patrón + 15% M.F	3	3	3	3	3	3	3
M. patrón + 18% M.F	3	3	3	3	3	3	3
Total	105 probetas						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Resistencia a la tracción – Permeabilidad - Módulo de elasticidad y coef. de Poisson

Muestra	Resistencia a la tracción	Permeabilidad	Módulo de elasticidad y coef. de Poisson
Muestra	Edad 28 días		
Muestra Patrón	3	3	3
M. Patrón + 9% M.F	3	3	3
M. patrón + 12% M.F	3	3	3
M. patrón + 15% M.F	3	3	3
M. patrón + 18% M.F	3	3	3
Total por ensayo	15 probetas	15 probetas	15 probetas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Número de vigas para el ensayo de sulfatos

Cambios de Longitud Expuestos a Solución de Sulfatos	
F'c = 210 kg/cm2	Edad 28 Días
Muestra Patrón	3 vigas
M. Patrón + 9% M.F	3 vigas
M. patrón + 12% M.F	3 vigas
M. patrón + 15% M.F	3 vigas
M. patrón + 18% M.F	3 vigas
Total	15 vigas

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

Se considera un muestreo no probabilístico, porque se basa en los criterios del investigador y no en la probabilidad de seleccionar elementos.

Diseño de investigación

Variable dependiente

Propiedades del concreto convencional.

Variable independiente

Incorporación de material fino con porcentajes en su totalidad del 9%, 12%, 15% y 18% del mismo.

Operacionalización de variables

Tabla 10: Operacionalización de las variables y con sus respectivos ensayos

Variable		Dimensión	Indicadores	Instrumento de medición	Índice
Tipo	Descripción				
Independiente	Material fino	Recolección de muestra	Proceso para la recolección de finos	Balanza, taras, tamiz recipientes y horno.	Gr
		Muestra	Peso	Balanza de medición con aproximación de 1g.	gr
			Sales Solubles	Basados en la NTP 339.152	%
Dependiente	Propiedades del concreto en estado fresco		Asentamiento	Basados en la NTP 339.035	pulg
			Temperatura	Basados en la NTP 339.184	°C
			Contenido de aire	Basados en la NTP 339.083	%
			Peso unitario	Basados en la NTP 339.046	kg/m3
			Propiedades del concreto convencional	Resistencia a la compresión	Basados en la NTP 339.034
	Resistencia a la tracción	Basados en la tracción NTP 339.084		kg/cm2	
	Permeabilidad	UNE-EN 12390-8		cm/s	
	Módulo de elasticidad	Basados en la ASTM-469		kg/cm2	
	Inmersión por sulfatos	Basados en la ASTM C 1012 – 04		gr	
	Interviniente	Diseño de mezcla	Ensayo de los agregados	Análisis granulométrico	Basados en la NTP 400.012
Contenido de humedad				Basados en la NTP 339.185	%
Peso unitario				Basados en la NTP 400.017	kg/m3
Peso específico y de absorción				Basados en la NTP 400.022 y NTP 400.021	gr/cm3

Fuente: Elaboración propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 11: Instrumentos necesarios para cada ensayo

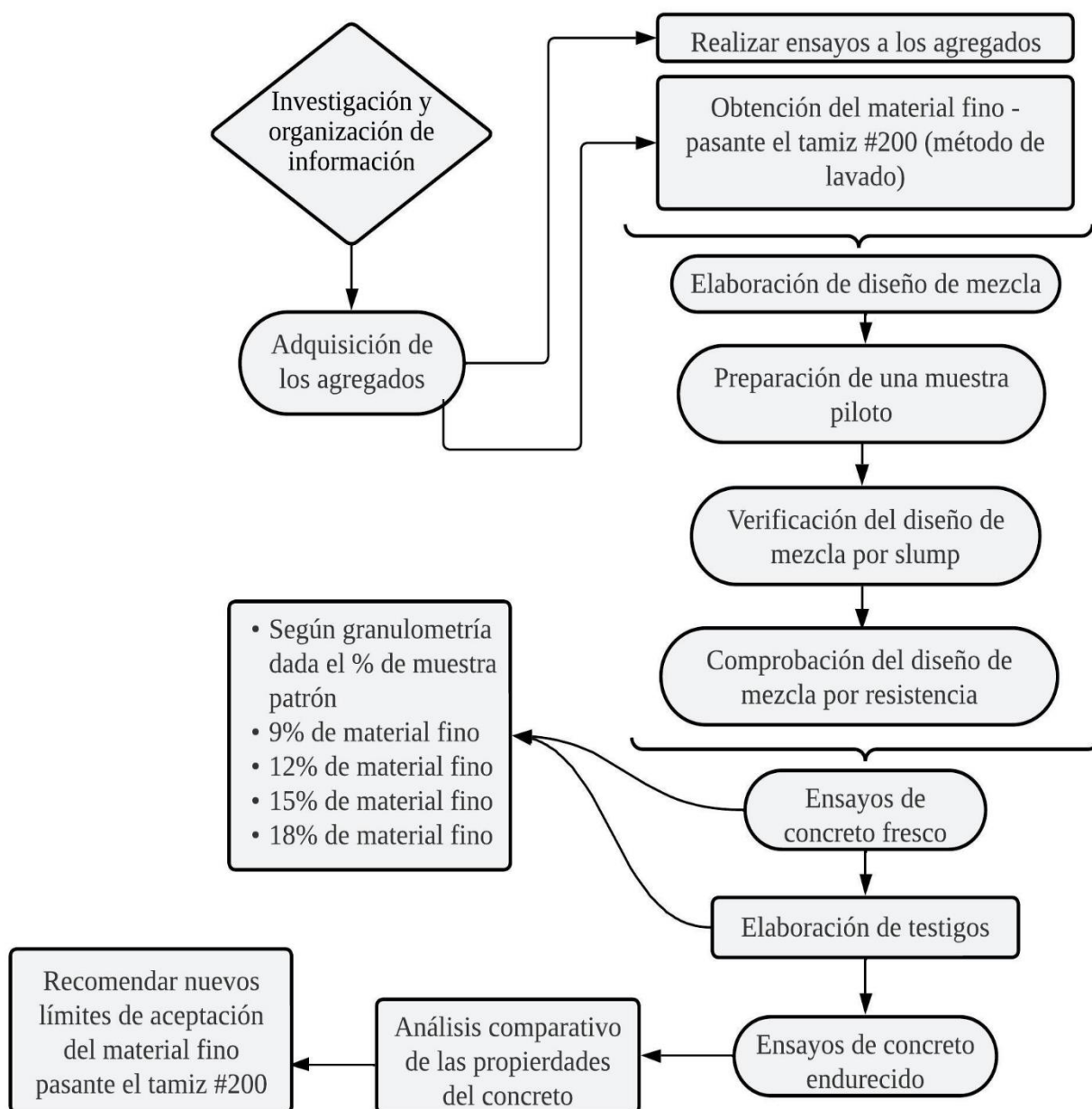
Técnica	Instrumento	Elementos de la población	Propósito
Análisis Granulométrico	Grupo de tamices	Agregado fino y agregado grueso	Curva Granulométrica
Asentamiento	Cono de Abrams	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar el nivel de asentamiento que tendrá la mezcla
	Varilla de acero liso con punta semiesférica		
	Cucharón		
	Wincha		
	Carretilla		
Temperatura	Molde	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar la temperatura de los concretos
	Termómetro		
Contenido de aire	Recipiente	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar el valor de contenido de aire
	Medidor de aire		
	Varilla de acero liso con punta semiesférica		
	Cucharón		
	Frasco con boquilla flexible		
	Martillo de goma		
Peso unitario	Carretilla	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar los valores de peso unitario
	Balanza de precisión de 1gr		
	Wincha		
	Vernier		

Método de resistencia a la compresión	Probetas cilíndricas Máquina compresora	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar la resistencia a la compresión
Método de resistencia a la tracción	Probetas cilíndricas Máquina compresora	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar la resistencia a la tracción
Permeabilidad	Probetas cilíndricas Equipo de penetración al agua a presión Máquina para cortar las probetas	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar la profundidad de penetración del agua
Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson	Probetas cilíndricas Equipo compresómetro - extensómetro	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar el grafico esfuerzo deformación
Durabilidad ante el ataque por sulfatos	Probetas cilíndricas Solución de sulfato de sodio	Muestra patrón de concreto convencional y muestras de concreto convencional con adición de diferentes porcentajes de agregado fino	Determinar el cambio de longitud de vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio

Fuente: Elaboración propia

Procedimientos para la recolección de datos

Gráfico 1: Diagrama del proceso de investigación



Fuente: Fuente propia

Investigación y organización de información

Se realizó la recolección de fuentes relacionadas al tema de investigación, teniendo en cuenta las normativas que establecen ciertos límites de sustancias deletéreas en el agregado fino. Lo que permitirá investigar y tener que adicionar mayor cantidad de material fino, y de tal forma evitar el rechazo de canteras que cuentan con estos límites excedidos; considerando que la Norma Española: EHE-08 (Instrucción del hormigón estructural) establece mayores porcentajes y que no tendría alteraciones en sus propiedades del concreto.

Adquisición de los agregados

En relación a la compra de los agregados, tanto para agregado fino y agregado grueso se tomaron en cuenta investigaciones y que según sus estudios que se realizaron a estos agregados estos tienen mejores características para el desarrollo de esta investigación, por lo que optó en utilizar el agregado de la cantera “Tres Tomas” del departamento de Lambayeque – provincia de Ferreñafe. Así mismo, se evaluó de acuerdo con la normativa, por ende, los agregados han cumplido con los parámetros establecidos en la normativa para ser utilizadas en el diseño de mezcla.

Con respecto al cemento se utilizó un Tipo I, ya que sería de uso general. Para la selección del material fino, se utilizó del mismo agregado fino de la cantera “Tres Tomas”, según investigaciones se verifican que esta cantera contaba con mayor cantidad de material fino pasante la malla #200(MF) lo cual ha sido óptimo para dicha investigación.

Desarrollo de los ensayos a los agregados

A continuación, se detallará el proceso para identificar las características físicas de los materiales, agregados que formaran parte del diseño de mezcla para la elaboración del concreto convencional:

Ensayo para determinar el porcentaje de humedad del agregado fino y grueso

Normativa:

Dicho procedimiento se desarrolló en conformidad con la NTP. 339.185, según lo siguiente:

Procedimientos:

- Se inicia con el muestreo según la NTP 400.010, donde se realiza el cuarteo del agregado fino y agregado grueso.
- Después de seleccionar las muestras, se registra el peso de cada una ellas.
- Se llevará cada una de las muestras al horno y colocar a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante una serie de 24 hrs.
- Por último, retiramos las muestras del horno y dejamos enfriar, para luego registrar su peso nuevamente y determinar con la formula su contenido de humedad.

Ilustración 10: Colocando las muestras al horno



Ilustración 11: Peso seco del A.F



Ilustración 12: Peso seco del A.G



Ecuación para determinar el contenido de humedad:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}}$$

Ensayo de granulometría

Normativa:

Para este ensayo el procedimiento a determinarse es según la NTP 400.012.

Procedimientos:

- Se realizó el muestreo en base a la NTP 400.010 con el cuarteo y luego se procede a pesar las muestras del agregado grueso debería ser mayor a 2kg y para el agregado fino una muestra de mínimo 500g.
- Tener en cuenta que este proceso se realizó tanto para el agregado fino y grueso.
- Las muestras se deberán colocar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por un tiempo de 24 hrs.
- Se procede a ordenar los tamices en cuanto al tamaño de su abertura y de forma ascendente como lo mencionado, luego introducir la muestra por la parte superior de los diferentes tamices, para después cubrir con la tapa y empezar con movimientos que genere el proceso de tamizado por un promedio de 7 minutos.
- Por último, al terminar el proceso anterior se colocará el retenido de cada tamiz en diferentes taras, sin perder muestra alguna, para seguir con el pesado y con el registro de datos.

Ilustración 13: Cuarteo del A.G



Ilustración 14: Cuarteo del A.F



Ilustración 15: Proceso de tamizado del A. G



Ilustración 16: Proceso de tamizado del A. F



Ilustración 17: Muestras retenidas de los diversos tamices



Ecuaciones empleadas para determinar el análisis granulométrico:

Para calcular el porcentaje retenido en cada tamiz fue de la siguiente forma:

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}}$$

Para calcular el porcentaje de material más fino en porcentaje que pasa:

$$\% \text{Pasa} = 100 - \% \text{Retenido acumulado}$$

Con respecto al índice de fineza se determina al dividir entre 100 la suma de los porcentajes que han sido acumulados y retenidos de material en cada uno de los tamices. Además, debemos tener en cuenta los tamices que fueron utilizados para el correcto tamizado

como es para agregados finos: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y para agregados gruesos: 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16.

Ensayo determinando el peso unitario suelto y compactado de agregados fino y grueso

Normativa:

Así mismo con la NTP 400.017 se determinó el peso unitario suelto y compactado

Procedimientos:

- Realizar el muestreo de los agregados según la NTP 400.010.
- Las muestras deberán estar superficialmente secas, por ello debemos dejar expuestas al sol como mínimo de dos horas.
- Luego se procede a calcular el volumen y peso del molde.
- Después es ir agregado la muestra en el molde a una altura no mayor a 50mm superior al borde de este, y enrasar con la varilla para luego ser pesado (molde + muestra suelta).
- Posteriormente llenar el molde un tercio del total y dar 25 golpes con una varilla distribuidos uniformemente en toda su área, luego se procede a dar 15 golpes con un martillo de goma repartidos en todo su perímetro. Terminado ese proceso se continua a llenar los dos tercios del total y se sigue el proceso explicado anteriormente y se repite el proceso hasta llenar el molde.
- Finalizado el proceso se pesa (molde + muestra compactada) y se registran los resultados para el cálculo, pero el procedimiento se repite dos veces para obtener valores promedios.

Ilustración 18: Apisonado con la varilla por 25 veces distribuida en toda el área



Ilustración 19: Agregado fino Compactado (peso)



Ilustración 20: Apisonado con la varilla por 25 veces distribuidas en toda el área



Ilustración 21: Agregado grueso compactado (peso)



Para calcular este ensayo se consideraron las siguientes formulas siguiendo el mismo proceso tanto para agregado fino y agregado grueso.

Ecuación para determinar el peso unitario suelto seco:

$$\text{Peso unitario suelto húmedo} = \frac{\text{Peso de la muestra suelta}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$\text{Peso unitario suelto seco} = \frac{\text{Peso unitario suelto húmedo}}{(1 + \% \text{ humedad de la muestra})}$$

Ecuación para determinar el peso unitario compactado seco:

$$\text{Peso unitario compactado húmedo} = \frac{\text{Peso de la muestra suelta}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$\text{Peso unitario compactado seco} = \frac{\text{Peso unitario suelto húmedo}}{(1 + \% \text{ humedad de la muestra})}$$

Ensayo del peso específico y de absorción del agregado fino

Normativa:

Se realizo según el procedimiento desarrollado de acuerdo con la NTP 400.022.

Procedimientos:

- El muestreo se inicia según lo que indica la NTP 400.010, con respecto a los agregados.

- La muestra superficialmente seca se ira colocando en un molde cónico y dar 25 golpes con el pisón hasta llenarlo, luego el cono se tendrá que levantar verticalmente y dejar caer la muestra, por lo que se debería derrumbar parcialmente.
- Se tendrá que pesar de la muestra anterior 500 gr.
- Se toma el peso de la fiola y luego llenar 500cm³ de agua.
- Posteriormente se procede a llenar la muestra en la fiola para agregarle el agua, a partir de ello se empezará a mover e ir quitando el aire atrapado dentro de la fiola de forma manual.
- Después de que ya no cuente con aire atrapado en la fiola se registrara el peso y se dejara decantando por 24 horas.
- Por último, se extrae la muestra en una tara y se coloca en el horno por un tiempo de 24 hrs con una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y registrar su peso.

Ilustración 22: Comprobación de la muestra superficialmente seca



Ilustración 23: Colocación del A. F en la fiola utilizando un embudo



Ilustración 24: Extracción de la muestra a un bowl



Ilustración 25: Pesos (fiola + muestra + agua)



Para este ensayo es fundamental considerar las siguientes pautas de cálculo:

$$\text{Peso específico en masa} = \frac{\text{Peso de la muestra secada al horno}}{\text{Capacidad del frasco} - \text{agua}}$$

$$\text{Peso esp. masa sat. super. seco} = \frac{\text{Capacidad del frasco}}{\text{Capacidad del frasco} - \text{agua}}$$

$$\text{Peso esp. aparente} = \frac{\text{Peso de la muestra secada al horno}}{(\text{C. frasco} - \text{agua}) - (\text{P. Muest. Sup. seca} - \text{P. Muest. Secada})}$$

$$\% \text{Absorción} = \frac{\text{P. Muest. Sup. Seca} - \text{P. Muest secada al horno}}{\text{P. Muest secada al horno}}$$

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Normativa:

El proceso se llevó a cabo siguiendo las pautas de la normativa NTP 400.021.

Procedimientos:

- El muestreo se inicia de acuerdo con la NTP 400.010, realizando el adecuado cuarteo para la obtención de la muestra.

- Luego se descarta todo el material pasante el tamiz N°04 (4.75mm), para ser lavado todo el material retenido y eliminar así el polvo u otras impurezas superficiales.
- Después se colocará la muestra a un horno a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 hrs.
- Se tendrá que ventilar por unas horas hasta que se cómoda al tacto, para luego sumergir el material en agua y mantener a una temperatura ambiente por $24\text{h} \pm 4\text{h}$.
- Luego extender sobre un área limpia y secar con un paño toda la película de agua visible.
- Después se coloca un gancho debajo de la balanza y esta sobre una cubeta, de tal forma colgar por medio de ese gancho la canastilla y obtener su peso. Así mismo, colocar las muestras sumergidas y registrar su peso.
- Por último, esta muestra se coloca en el horno a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ por 24 hrs, luego de ello se dejará enfriar y registrar el peso de la muestra seca en su totalidad.

Ilustración 26: Secado del A.G a temperatura ambiente



Ilustración 27: Muestra sumergida en la canastilla, bajo agua



Ilustración 28: Muestra sumergida (peso)



Ilustración 29: Peso de la muestra (seca)



Es fundamental tomar en consideración las siguientes consideraciones de cálculo para este ensayo:

$$\text{Peso específico en masa} = \frac{\text{Peso de la muestra secada al horno}}{\text{Peso Muest. Super. Seca} - \text{Muestra saturada}}$$

$$\text{Peso esp. masa sat. super. seco} = \frac{\text{Peso de la muestra super. Seca}}{\text{Peso Muest. Super. Seca} - \text{Muestra saturada}}$$

$$\text{Peso esp. aparente} = \frac{\text{Peso de la muestra secada al horno}}{\text{Peso muestra secada al horno} - \text{Muestra saturada}}$$

$$\% \text{Absorción} = \frac{P. \text{Muest. Sup. Seca} - P. \text{Muest secada al horno}}{P. \text{Muest secada al horno}}$$

Obtención del material fino que pasa la malla N°200(MF)

La recolección de este material fino se utilizó el mismo agregado de la cantera “Tres Tomas”, para lo cual se tendrá que realizar por el método de lavado explicándose a continuación el procedimiento que se ha llevado para obtener el material fino:

1. Se obtuvo agregado fino de la cantera “Tres Tomas”, el mismo agregado que se utilizó con el fin de realizar el concreto.
2. Se necesito de los siguientes elementos como: el tamiz #200, baldes de 20lt, bowls medianos, cucharon, horno, agregado fino y agua.
3. Se necesitará aproximadamente una relación de 1.5:20 (1.5 kg de agregado fino y 20lt de agua).

4. Se utiliza un recipiente para colocar el agregado fino y agregar suficiente agua hasta cubrirla, mover el recipiente para lograr aislar totalmente todas las partículas más finas del tamiz #200 de las partículas gruesas.
5. Luego el agua de lavado será colocada en el tamiz #200, y retener el agua pasante en un balde; se continua con una segunda capa de lavado y se repite el mismo proceso hasta obtener un agua de lavado más clara.
6. Se tendrá que dejar reposar el agua de lavado pasante la malla #200, por aproximadamente de 24 hr, para luego tener que retirar el agua de la superficie y obtener las muestras de material fino ya que se almacenaran al fondo del recipiente.
7. Se recolectará el material fino en un bowls y se pondrá en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24hr.
8. Finalmente, al retirar del horno se dejará enfriar y se obtendrá en seco el material fino, lo cual es recomendable colocar en bolsas herméticas para evitar sus pérdidas.

Ilustración 30: Elementos para el procedimiento



Ilustración 31: Lavado del agregado fino



Ilustración 32: Agua más clara



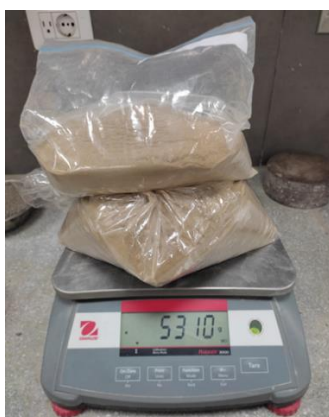
Ilustración 33: Dejar reposar por tiempo de 24hr



Ilustración 34: Retirar el agua de la superficie



Ilustración 35: Peso del material fino



Concluyendo se determina que este material fino tiene un color oscuro muy diferente al agregado fino del que se obtiene, como se visualiza en la ilustración 35.

Ensayo para determinar el contenido de sales solubles del material fino (MF)

Normativa:

Para la determinación de sales solubles en material fino, el procedimiento a desarrollar fue de acuerdo con la norma N.T.P 339.152.

Procedimiento:

- Se selecciono un frasco en la cual se debe esterilizar antes del uso para esta muestra.

- Luego se registra el peso de una muestra de 500g de material fino.
- Con una probeta graduada se registra 250 ml de agua destilada.
- Dentro del frasco se debe adicionar tanto el material fino como el agua destilada y empezar agitar manualmente por 1 hr.
- Dejar sedimentar por un tiempo de 24 hrs, y luego tener que extraer cuidadosamente el agua de la superficie en un bowls para tener que cocinar.
- Se toma el peso de un vaso de precipitación.
- A continuación, se tiene que introducir el agua por un papel filtro y con la ayuda de un embudo, teniendo como muestra de 100ml en el vaso de precipitación.
- Finalmente se tiene que colocar al horno por un tiempo de 24hrs para dejar secar y luego tener que pesar.

Ilustración 36: Muestra de material fino

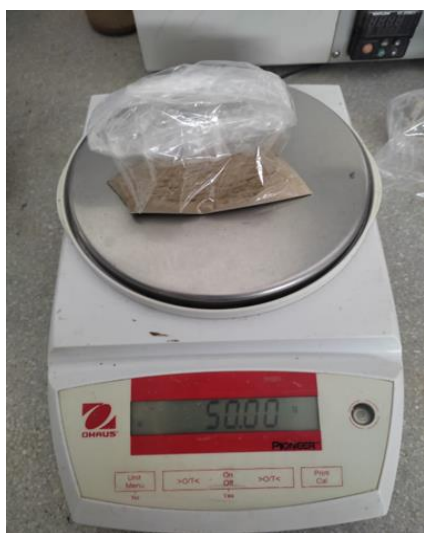


Ilustración 37: Agregado el agua destilada



Ilustración 38: Filtrando el agua

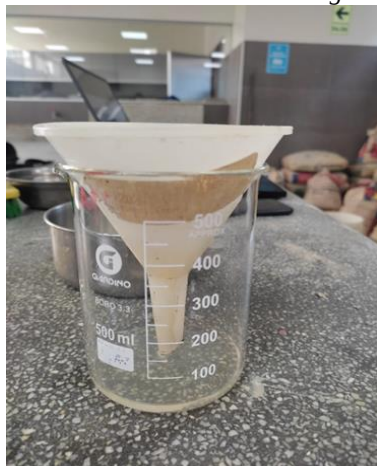
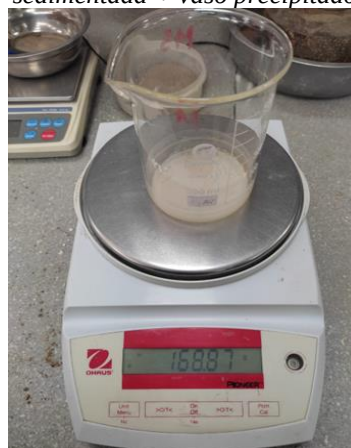


Ilustración 39: Peso de la muestra seca sedimentada + vaso precipitado



Con respecto al siguiente ensayo es importante tener en cuenta las siguientes valoraciones de cálculo:

$$\text{Total de sale solubles} = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación}}{\text{Volumen de la muestra ensayada}} \times 10^6$$

Ensayo equivalente de arena

Normativa:

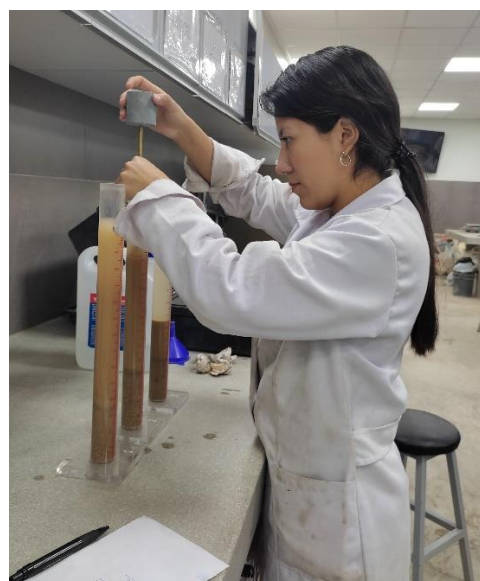
Para la determinación del ensayo equivalente de arena del agregado fino, el procedimiento a desarrollar fue de acuerdo con la norma N.T.P 339.146 - ASTM D 2419.

Procedimientos:

- Se tendrá que preparar de stock de la solución de cloruro cálcico en combinación con agua destilada.
- Se procede a pasar una cierta cantidad de arena por el tamiz N° 04, para luego realizar un cuarteo y seleccionar una muestra para ser ensayada.
- Luego en condición de flujo libre, colocar la suficiente cantidad de solución
- Se procede a utilizar un recipiente de medida y colocar la muestra humedeciendo y golpeando en la parte inferior sobre una superficie plana para luego ser introducida en la probeta con solución, esto se repetirá para obtener 3 muestras en total.
- Se tendrá que colocar un tapón en la parte superior de la probeta para mezclar por lo mínimo 1 min y lograr su uniformidad.
- Seguido en condición de flujo libre se procede a llenar la probeta, después de tiempos determinados se introduce la barra y tomar las lecturas para cada probeta y con los resultados obtener el promedio.

Al evaluar el ensayo, es fundamental considerar las siguientes consideraciones de cálculo:

$$EA = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} * 100$$

Ilustración 40: Preparar la solución*Ilustración 41: Introducir la muestra en la probeta**Ilustración 42: Mezclado de la muestra con la solución**Ilustración 43: Toma de medidas*

Diseño de Mezcla – Método del comité 211 del ACI

El procedimiento a calcular para los pesos de cada elemento que se utilizará para la fabricación del concreto (m^3), se debe tener en cuenta los parámetros del comité 211-ACI.

Es importante recalcar que los agregados fueron procedentes de la cantera “Tres Tomas” departamento de Lambayeque, para realizar todos los ensayos respectivos de las propiedades físicas de los mismos y de acuerdo con las normativas, para luego de ello establecer un diseño de mezcla que se realizó para un concreto de 210 kg/cm^2 .

A continuación, a través del presente cuadro se muestran los resultados obtenidos que se han realizado a los agregados en cada prueba:

Tabla 12: Características físicas de los materiales

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
- Peso Unitario Suelto	1580 kg/m ³	1310 kg/m ³
- Peso unitario compactado	1794 kg/m ³	1539 kg/m ³
- Peso específico	2558.54 kg/m ³	2498.19 kg/m ³
- Módulo de fineza	2.82	-
- T.M. N	-	3/4"
- % Absorción	0.70%	1.07%
- % De Humedad	1.01%	0.51%

Fuente: Elaboración propia

Se inicio realizando el cálculo del f'_{cr} , donde según la normativa peruana N.T.P E060, para el diseño donde no exista datos disponibles y determinar la desviación estándar de la muestra, utilizando la siguiente tabla:

Tabla 13: Resistencia promedio a la compresión requerida

Tabla 5.3	
Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estandar de la muestra	
Resistencia de la muestra a la compresión, Mpa	Resistencia requerida a la compresión, Mpa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,1 f'_c + 5,0$

Fuente: [39]

Sabiendo que $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Obtenemos un $f'_{cr} = (210 + 85) = 295 \text{ kg/cm}^2$

Seguidamente, se selecciona el TMN del agregado grueso, según las propiedades físicas:

T. máx. = $\frac{3}{4}$ " (19 mm)

De acuerdo con los asentamientos recomendados para estructuras, la elección del asentamiento se registrará correspondiente a la siguiente tabla:

Tabla 14: Asentamientos para diversos tipos de estructuras

Tipo de Estructura	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzada	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Viga y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclopeo	2"	1"

Fuente: [40]

Para fines del diseño de mezcla se eligió un Slump promedio de 3" a 4".

Para determinar el contenido de aire atrapado en la mezcla del concreto, se debe considerar al TMN del agregado grueso, como se detalla a continuación:

Tabla 15: Porcentaje de contenido de aire atrapado

TMN - Agregado Grueso		Aire Atrapado %
3/8"	9.5 mm	3
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: [40]

Para un tamaño máximo nominal de 3/4"

$$\% \text{ aire atrapado} = 2 \%$$

En relación con la cantidad de agua que se necesita por m³ de concreto, se tiene en cuenta al valor de asentamiento y TMN del agregado grueso, se especifica en lo siguiente:

Tabla 16: Contenido de agua

Asentamiento		Tamaño máximo nominal de agregado grueso						
1" = 25 mm	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

Fuente: [40]

Para un asentamiento de 3" a 4" y un tamaño máximo nominal de 3/4"

Contenido de agua = 205 lts/m³

Para determinar la relación a/c del diseño de mezcla, es considerado en función a la resistencia a la compresión requerida, que se va a evaluar y si el concreto tendrá aire incorporado o no, esto en relación de a/c en peso:

Tabla 17: Relación agua/cemento (a/c)

f _{cr} a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua cemento en peso	
	C° S/ Aire incorporado	C° C/ Aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

Fuente: [40]

Para una resistencia a la compresión requerida se tiene:

f_{cr} = 295 kg/cm²

Al tener que interpolar se obtiene:

Tabla 18: Interpolación a/c

Interpolación relación A/C	
Relación A/C	f _{cr}
250	0.62
295	x
300	0.55

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Relación a/c} = 0.557$$

Para esta selección vamos a depender del tamaño máximo nominal y del módulo de fineza del agregado fino, para ello se determinará el b/b_o que resultaría de dividir el peso seco del agregado grueso requerido (m^3) entre el peso unitario compactado, para luego ser multiplicado mediante el peso unitario suelto compactado.

Tabla 19: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/b_o)					
TMN del Agregado Grueso		Módulo de fineza del Agregado Fino			
		2.4	2.6	2.8	3
3/8"	9.5mm	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0mm	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	25.0mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5mm	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	50.0mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: [40]

El agregado grueso de $TMN = 3/4"$ y módulo de fineza del agregado fino 2.82, se tiene que interpolar con los valores de la tabla obteniéndose:

Tabla 20: Interpolación del contenido de A.G

Interpolación relación A/C	
Relación A/C	f_{cr}
2.80	0.62
2.82	x
3.00	0.6

Fuente: [40]

$$b/b_o = 0.618$$

Para determinar el peso del agregado grueso, se calculará a través del producto el contenido de agregado grueso por su peso compactado seco:

$$\begin{aligned} \text{Peso del agregado Grueso} &= (b/b_o) \times \text{Peso Unitario Compactado Seco} \\ &= 0.618 \times 1539 = 951.04 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Al dividir el volumen del agua entre la relación a/c, se determinará la cantidad de cemento a utilizar:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{205 \text{ lts/m}^3}{0.557}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 368.04 \text{ kg/m}^3$$

Para calcular en bolsas de cemento, dividimos entre el peso de este 42.5 kg:

$$\text{Cantidad de bolsas} = \frac{368.04 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg}} = 8.7 \text{ bol/m}^3$$

Determinación de los volúmenes absolutos conocidos:

$$\text{Cemento} = \frac{368.04}{3150} = 0.117 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{205}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{951.04}{(2.4976 \times 1000)} = 0.381 \text{ m}^3$$

Realizando una suma de volúmenes conocidos sería de: 0.277 m³

Para determinar el volumen absoluto del agregado fino, se obtiene al restar la unidad menos la suma de volúmenes absolutos:

$$\text{Volumen agregado fino} = 1 - 0.723 = 0.277 \text{ m}^3$$

Para determinar el peso seco del agregado fino, se calcula mediante el producto del volumen de agregado fino por su peso específico del agregado fino:

$$0.277 \times (2.5585 \times 1000) = 709.92 \text{ kg/m}^3$$

Ahora se determinó los valores de los agregados en condiciones secas:

$$\text{-Cemento} = 368.04 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{-Agua de diseño} = 205 \text{ lts}$$

$$\text{-Agregado fino} = 709.92 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{-Agregado grueso} = 951.04 \text{ kg/m}^3$$

Se realizarán las correcciones por humedad de los agregados:

- Peso húmedo

$$\text{Agregado fino} = 709.92 \times \left(1 + \frac{1.01}{100}\right) = 717.09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 951.04 \times \left(1 + \frac{0.51}{100}\right) = 955.91 \text{ kg/m}^3$$

- Aporte de humedad

$$\text{Agregado fino} = 707.92 \times \left(\frac{1.01 - 0.70}{100}\right) = 2.18 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 991.04 \times \left(\frac{0.51 - 1.07}{100}\right) = -5.29 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aporte de agua por la humedad de los agregados} = -3.11 \text{ kg/m}^3$$

Determinamos el agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-3.11) = 208.11 \text{ lts}$$

Ahora se tiene los pesos de los materiales corregidos por humedad de los agregados:

$$\text{-Cemento} = 368.04 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{-Agua de diseño} = 208.11 \text{ lts}$$

$$\text{-Agregado fino} = 717.09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{-Agregado grueso} = 955.91 \text{ kg/m}^3$$

Determinación de la dosificación en peso:

Tabla 21: Dosificación en peso

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
368.04/368.04	717.09/368.04	955.91/368.04	24.03
1	1.948	2.597	0.565

Fuente: Elaboración propia

Por cantidad de bolsa

$$\text{-Cemento} = 1 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{-Agua de diseño} = 0.565 \times 42.5 = 24.03 \text{ kg}$$

$$\text{-Agregado fino} = 1.948 \times 42.5 = 82.81 \text{ kg}$$

$$\text{-Agregado grueso} = 2.597 \times 42.5 = 110.38 \text{ kg}$$

Determinamos los pesos unitarios húmedos (PUSH)

$$\text{Peso unitario suelto humedo (A.F)} = 1580.01 * \left(1 + \frac{1.01}{100}\right) = 1595.969 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso unitario suelto humedo (A.G)} = 1309.88 * \left(1 + \frac{0.51}{100}\right) = 1316.592 \text{ kg/m}^3$$

Determinación de la dosificación en volumen:

Tabla 22: Dosificación en volumen

Cemento	Arena fina	Piedra	Agua
1.00	1.83	2.96	24.03

Fuente: Elaboración propia

Verificación del ajuste de slump y resistencia a la compresión

Para esta verificación se realizó el proceso para una muestra por ajuste de slump de diseño, según lo que se detalla en el anexo 25:

Tabla 23: Slump de diseño

ASENTAMIENTO	
f'c = 210 kg/cm2	
Diseño de mezcla (slump)	Slump (pulg)
Diseño de mezcla patrón	3.9

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44: Medición del slump



Ilustración 45: Slump de muestra patrón 3.9

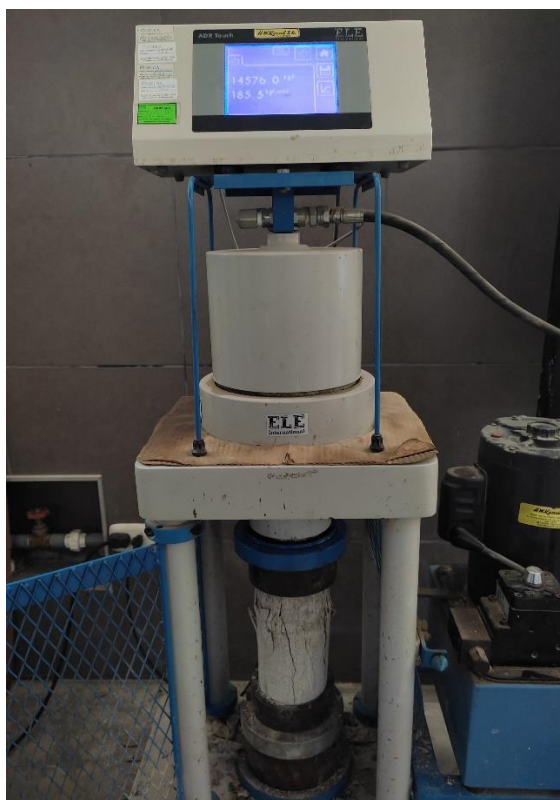


Al comprobar el slump requerido se debía verificar la resistencia a la compresión, por ende, se elaboraron 3 probetas pilotos obteniéndose los siguientes resultados:

Ilustración 46: Rotura de muestra piloto



Ilustración 47: Verificación de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla



Las muestras pilotos fueron curadas y ensayadas a los 3 días por lo cual debió haber desarrollado una resistencia al 50%, obteniéndose una resistencia promedio de 179.7 kg/cm². Además, tuvieron fallas tipo 2 por las fisuras verticales a través de las capas.

Ensayos para el concreto de muestra patrón y con adición de los diferentes porcentajes de material fino

Concreto en estado fresco

Ensayo de medición de asentamiento

Normativa:

Es determinado el asentamiento mediante las normas ASTM C143 - NTP 339.035.

Procedimiento:

- Se tiene un cono de abrams con las dimensiones de: 100mm de diámetro en la parte superior, la parte inferior con diámetro de 200mm y con una altura de 300mm.
- Primero se tiene que humedecer los instrumentos como es el cono de abrams, el cucharón, la varilla lisa y la superficie plana donde se realizara el ensayo.
- Luego de ya tener la mezcla de concreto se continua a fijar el cono, y llenar el molde vaciando en tres capas, en la que cada capa debe tener por lo menos la tercera parte del volumen del molde.
- Con la ayuda de un cucharón se empieza a colocar el material dentro del cono e ir moviendo el cucharón para que el material caiga en toda el área y luego cada capa se tendrá que compactar aplicando 25 golpes con la varilla para distribuir en toda la superficie.
- Se debe tener en cuenta que al momento de compactar la varilla se tendrá que inclinar para distribuir los golpes.
- En la última capa si aún le falta para llenarse se deberá agregar material hasta la superficie y tener que enrasar rondando con la varilla sobre la superficie del molde.
- Luego se debe seguir asegurando el molde para tener que retirar en dirección vertical y colocarlo cerca al material, girando el cono en donde el diámetro mayor se encuentra en la parte superior y con la ayuda de la varilla colocarla sobre el cono de manera horizontal y con la wincha determinar la medida de asentamiento (por la diferencia entre la altura del molde y del centro del material deformado).

Ilustración 48: Varillado del concreto (25 veces por cada capa)



Ilustración 49: Medición del asentamiento



Ilustración 50: Slump de M.P +9% M. F



Ensayo de peso unitario del concreto fresco

Normativa:

Al determinar el peso unitario del concreto fresco, se basó en las normas ASTM C138 - N.T.P 339.046.

Procedimientos:

- Se deberá tomar medidas interiores del molde cilíndrico para determinar el volumen del molde que se registrará para los cálculos.
- También se tiene que registrar el peso del molde (probeta).
- Una vez preparado la mezcla del concreto se tendrá que llenar en 3 capas, y con la ayuda de un cucharón se añade hasta un tercio del molde, de tal forma tener que compactar 25 veces con la varilla por toda la superficie sin tener que tocar el fondo del molde y luego dar 15 golpes con el mazo de goma distribuidos alrededor de toda la circunferencia de la probeta, para tener que cerrar cualquier vacío y eliminar las burbujas de aire.
- Se seguirá el mismo proceso para las siguientes capas y tener que enrasar con la plancha de albañilería y limpiar el excedente del molde.
- Por último, obtener el peso tanto del molde de la probeta más el concreto en estado fresco.

Ecuación para determinar el peso unitario del concreto fresco:

$$\text{Peso unitario (densidad)} = \frac{(\text{Peso del molde} + \text{concreto}) - (\text{Peso del molde})}{\text{Volumen del molde}}$$

Ecuación para determinar el rendimiento del concreto en estado fresco:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa total de los materiales por tanda}}{\text{Peso unitario del concreto}}$$

Ilustración 51: Varillado del concreto



Ilustración 52: Golpear con el mazo de goma



Ilustración 53: Peso (muestra + molde)



Contenido de aire del concreto - método de presión

Normativa:

Determinación del contenido de aire por el método de presión, mediante las siguientes normas ASTM C-231 – N.T.P 339.083.

Procedimientos:

- Se tiene que humedecer el molde metálico y colocarlo en un área plana, para empezar el llenado de concreto.
- Lo cual se debe llenar la primera capa en la olla de Washington y compactar con la varilla 25 golpes en toda el área, luego con el mazo de goma realizar los 15 golpes alrededor de esta y así evitar que se acumulen burbujas de aire atrapado; de tal forma se realiza en las siguientes capas.
- Luego se tiene que enrazar y limpiar los bordes del molde para colocar en la parte superior de la olla la tapa y esta ajustar con las abrazaderas.
- Después se cierra la válvula de aire y se abren las llaves de purga al mismo tiempo, por una de ellas se coloca el agua hasta que por la llave opuesta rebose el agua, para esa parte se da unos golpes suaves al dial y de tal forma eliminar todo el aire.
- Luego se tiene que cerrar la válvula de cámara de aire y se empieza a bombear aire a la olla de Washington hasta que el puntero del dial este en la presión inicial.
- Abrir la válvula principal para tomar la lectura, la cual nos indica que porcentaje de aire contiene dicha mezcla.

- Finalmente se abre la válvula principal para eliminar la presión de la olla y poder retirar la cubierta.

Ilustración 54: Llenado de la mezcla.



Ilustración 55: Introducción del agua por medio de una de las llaves de purga.



Ilustración 56: Bombeo de aire



Ilustración 57: Registro de lectura del % de contenido de aire.



Ensayo de temperatura del concreto

Es fundamental conocer la temperatura del concreto cuando este se encuentre en estado fresco teniendo en cuenta que no debería sobrepasar los 35°C a lo que indica la norma E060, ya que al ocurrir esto nos podría generar perdidas de asentamiento y fragua instantánea. Al superar la temperatura del concreto según lo que refiere la norma se deberá proteger durante su colocación y curado.

Normativa:

Al querer determinar la temperatura del concreto en estado fresco, se tendrá en cuenta la NTP 339.184.

Procedimientos:

- Teniendo la muestra ya colocada en el molde, se procede a tener que introducir el termómetro tal que el sensor debe estar sumergido un mínimo de 3 pulg (75mm).
- Se debe tener en cuenta que el termómetro debe estar colocado por un mínimo de 2 min y máximos de 5 min
- Luego del tiempo especificado se debe registrar la temperatura.
- No debe retirarse el dispositivo del concreto antes del tiempo indicado.

Ilustración 58: Colocado del termómetro



Ilustración 59: Temperatura de la muestra



Concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión

Para determinar la resistencia a la compresión que tiene el concreto se deberá tener que aplicar una carga axial sobre un área determinada, una vez que falle el testigo se obtendrá una lectura final mediante la carga y con ello dividir lo que se obtuvo de la carga mediante el área del testigo obteniéndose la resistencia.

Normativa:

Según la N.T.P 339.034 o ASTM-39, establece un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión.

Elaboración de probetas:

- Se tendrá que elaborar probetas con dimensiones de 4" de diámetro y 8" de altura.
- Seguido se tendrá que obtener la mezcla del concreto y luego tener que llenar un molde a través de 3 capas, cada capa basada en un tercio del volumen que se estable en el molde.
- Mediante cada capa se tendrá que dar 25 golpes con la varilla de acero distribuidos uniformemente en toda su área, también dar 15 golpes con el mazo de goma alrededor del molde para eliminar las burbujas de aire.
- Finalmente se procede a desmoldar el testigo de concreto luego de 24hr para ser colocada a través de la cámara de curado.

Procedimientos:

- Esta prueba se realizará cuando el testigo de concreto se haya retirado de la cámara de curado.
- Se procede teniendo en cuenta la edad del testigo sin tener que superar la tolerancia admisible especificada en la norma.
- Luego se obtiene las dimensiones del testigo con la ayuda de un vernier y se registrara cada diámetro de los diferentes testigos, considerando un promedio para el cálculo.
- Poner las almohadillas de neopreno entre la parte superior e inferior del testigo, como también verificar que se coloque de manera adecuada en la presa hidráulica.

- Aplicar la carga hasta que logre fallar, y registrar la lectura de la carga para luego calcular la resistencia.
- Finalmente, observar y determinar el tipo de falla de cada testigo.

$$F'C \text{ (Resistencia a la compresión)} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área superficial del tesigo}}$$

Para establecer el tipo de falla que se puede presentar al momento de rotura de los testigos de concreto se tendrá que evaluar según lo siguiente:

Ilustración 60: Retirado de probetas de la posa de curado



Ilustración 61: Medición de las dimensiones de las probetas



Ilustración 62: Aplicación de la carga - Resistencia a la compresión (f'_c)



Ilustración 63: Roturas de las probetas



Ensayo de resistencia a la tracción

Para determinar la resistencia a la tracción, se procede a colocar el testigo de forma diametral aplicando una fuerza de compresión en toda la longitud del testigo hasta que se produzca la falla.

Normativa:

Según la N.T.P. 339.084 o ASTM C-496, establece las instrucciones para establecer la resistencia a la tracción de muestras cilíndricas de concreto.

Procedimiento:

- Se realizarán testigos de la misma forma, así como para el ensayo de resistencia a la compresión.
- Se realizará el marcado de líneas diametrales en cada sección del testigo, así también medir las dimensiones de este.
- Tener que habilitar la máquina colocando una placa en la parte inferior, sobre el testigo poner un listón de madera de tal forma ajustarla a fin de que la probeta coincida con parte central del listón, verificando que tanto en la parte superior e inferior concuerde con la línea tangencial del testigo.
- Luego colocar la carga a una velocidad constante hasta que logre fallar, y registrar la lectura.

$$\text{Esfuerzo de tracción} = \frac{2 * (\text{carga aplicada})}{\pi * \text{longitud} * \text{diámetro}}$$

Ilustración 64: Colocar el testigo de manera correcta



Ilustración 65: Aplicación de la carga – Resistencia a tracción



Ilustración 66: Falla del testigo en toda su longitud



Ensayo del cambio de longitud de vigas expuestas a solución de sulfatos

En cuanto a la fabricación de vigas de concreto se determinó el cambio de longitud expuestas a inmersiones de sulfato de sodio.

Normativa:

Según la ASTM C1012, establece los procedimientos para establecer el cambio de longitud en vigas de concreto.

Procedimiento:

Elaboración de vigas:

- Se tendrá que elaborar vigas de concreto con dimensiones de 7.5 x 7.5 x 28.5cm.
- Se deberá colocar desmoldante y seguido unos pernos en sujetos al concreto sé que elaborará.
- Seguido se tendrá que obtener la mezcla del concreto para tener que llenar el molde en dos capas, partes iguales del volumen del molde.
- En cada capa se tendrá que dar 15 apisonamientos con la varilla de acero distribuidos de manera uniforme en toda su área, también dar 10 golpes con el mazo de goma alrededor del molde para eliminar las burbujas de aire, además con una espátula se podrá rellenar los bordes interiores.
- Finalmente se procede a desmoldar el testigo de concreto luego de 24hrs para ser colocada en la cámara de curado.

Ilustración 67: Colocación del concreto en molde de vigas



Ilustración 68: Compactado del concreto



Ilustración 69: Muestras para colocar a curado



Expuestas a sulfato de sodio

- Teniendo las vigas después del curado, se procede a tomar la primera lectura de cada una de ellas.
- Se procede a mezclar por lo que se disuelve 50g de sulfato de sodio en 900ml de agua potable y 100ml de agua destilada. Tener en cuenta que se debe realizar la mezcla un día antes a ser utilizado, manteniendo a $23 \pm 20^\circ\text{C}$.
- Luego se sumerge las vigas en la solución y se almacena hasta la siguiente lectura.
- Se debe calibrar la maquina con la longitud de una barra, esta será tomada como referencia respecto a las próximas lecturas.
- Con ayuda del tornillo de acero inoxidable se podrá tomar cada lectura con respecto a la semana 1 ,2 ,3, 4, 8, 13 y 15 teniendo en cuenta las variaciones de longitud que presenten las vigas.

$$V(\text{variación de la longitud}) = \frac{\text{Long. final} - \text{Long. inicial}}{\text{Long. nominal}}$$

Ilustración 70: Pesaje del sulfato de sodio.



Ilustración 71: Disolución del químico con el agua potable y agua destilada.



Ilustración 72: Almacenamiento de vigas en solución.

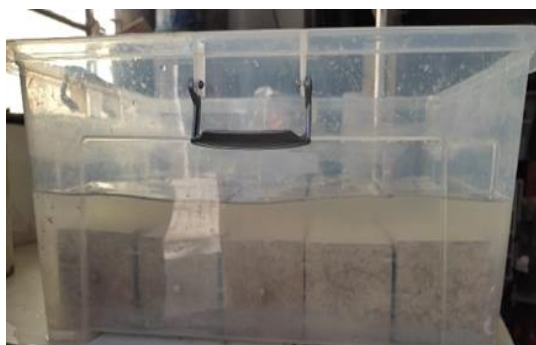


Ilustración 73: Toma de lecturas por cada semana.

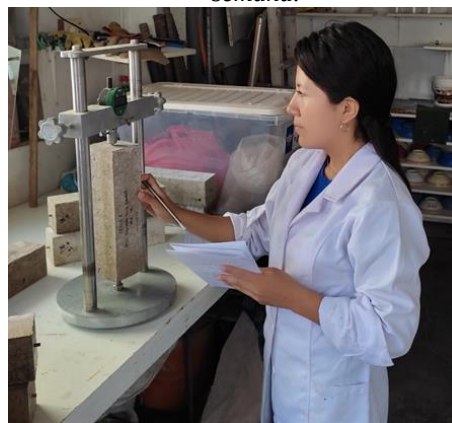
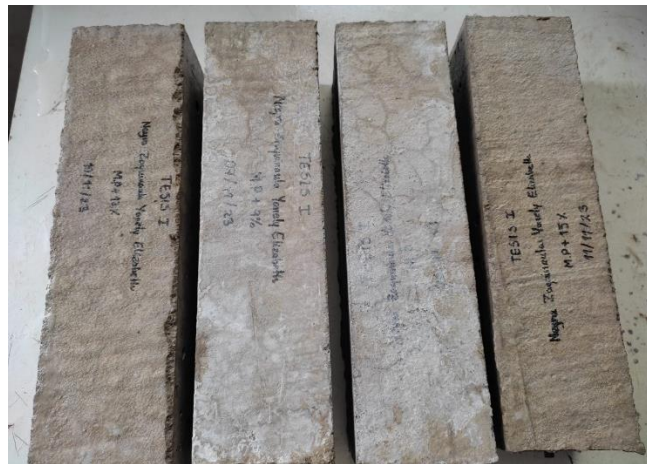


Ilustración 74: Vigas en la 13 semana



Ensayo de módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del concreto

Al realizar el módulo de elasticidad del concreto se determina cuando se somete a cargas longitudinales y se obtiene a partir de la pendiente de una línea recta que conecta dos puntos que representan la porción elástica de la curva tensión-deformación. Esto demuestra nuevamente la capacidad del hormigón para resistir la deformación. Que se determina dentro del 40% de la resistencia máxima a la compresión.

Para el coeficiente de Poisson del concreto se evalúa relacionando una deformación transversal y una deformación longitudinal al aplicar una fuerza. Además, es cómo se comporta el concreto frente a esfuerzos mecánicos y tener estructuras resistentes.

Normativa:

Se determino de acuerdo a la norma ASTM C-469, donde establece los lineamientos para determinar dicho ensayo.

Procedimiento:

- Se debe contar con muestras cilíndricas ya realizadas y curadas a los 28 días, luego se tiene que medir tanto longitud y diámetro de la probeta a ensayar para colocar en el equipo.

- Luego se debe colocar el compresometro -extensómetro y alinearlos junto a la maquina compresora para que se aplique la carga a compresión, tomar lectura hasta que se denote la falla.
- Finalmente, con las lecturas registradas se calcula la resistencia al 40% de la resistencia final y con las deformaciones se calcula el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson.

Ilustración 75: Colocación e instalación de los diales (compresometro-extensómetro).



Ilustración 76: Posicionamiento en la maquina compresora para ser ensayada.



Ilustración 77: Toma de lecturas de los resultados



Ilustración 78: Deformaciones al momento de falla.



Ilustración 79: Falla de la muestra cilíndrica.



Ensayo profundidad de penetracion de agua bajo presion - permeabilidad

A este ensayo también se lo conoce por permeabilidad de concreto, lo cual nos da a conocer la profundidad de penetración sobre los especímenes que son sometidos a presión de agua.

Normativa:

El análisis se basó en la norma UNE 12390-8, que establece los métodos de ensayo para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión.

Procedimiento:

- Se debe tener las muestras cilíndricas de 15cm x 30cm y estas haber curado por los 28 días. Luego de ello se tiene que limar una superficie de la muestra ya que esta estaría expuesta a la presión de agua.
- Seguido se debe llenar los tanques de agua y verificar la posible acumulación de aire que allá en las tuberías.
- Después se colocan las muestras en la máquina, la cual en la parte inferior ira la parte limada con unos aros de goma y para la parte superior se ejerce una presión ajustando un tornillo con la finalidad que no se generen filtraciones.
- Seguido se mantiene en la maquina durante 72 horas, para que profundice el agua.

- Finalmente retiramos las probetas para colocarlas a la máquina de compresión y hacer rotura de forma diametral, lo cual se tendrás dos caras que nos permitirá observar y medir la penetración de agua, estas se obtienen en mm.

Ilustración 80: Probetas colocadas bajo presión de agua



Ilustración 81: Medición de la presión



Ilustración 82: Cumplieron las 72 horas



Ilustración 83: Retirando las probetas de la máquina



Ilustración 84: Muestras - rotura a tracción - lectura de profundidad



Análisis comparativo de las propiedades del concreto

Según los ensayos en concreto fresco y concreto endurecido que se realizaran a las muestras de un concreto convencional patrón y con diferentes porcentajes de agregado fino (9%, 12%, 15% y 18%), se podrá determinar en cuanto a sus propiedades cual sería el concreto más óptimo en comparación a un concreto patrón y llegar a la discusión de sus resultados y desarrollar un análisis comparativo.

Recomendar nuevos límites de aceptación del material pasante la malla N°200

Según los resultados obtenidos se puede mencionar la recomendación de un nuevo límite de porcentaje del 9% de material fino (MF) que puede tener el agregado fino, según lo que se especifica en la tabla N°2 de los límites para sustancias deletéreas en el agregado fino, en la norma técnica peruana 400.037.

A través del contexto de arena manufacturada, los niveles de material más fino que la malla estandarizada de 75 μm (No. 200) pueden incrementarse a 5 % y 7 %.

Resultados y discusión

Ensayo de los agregados

Análisis granulométrico

Luego de determinar el análisis granulométrico del agregado fino y grueso se desarrolló cada proceso como lo indica la N.T.P 400.012 – ASTM C 136. Siendo la cantera “Tres Tomas” de donde se extrajeron los agregados y se realizaron los ensayos, según lo que se evaluó los agregados que cumplieron con los parámetros establecidos por la norma y por lo cual fueron los óptimos para usar en el diseño de mezcla.

Análisis granulométrico del agregado fino

Tabla 24: Valores del análisis granulométrico del A.F – cantera “Tres Tomas”

Peso

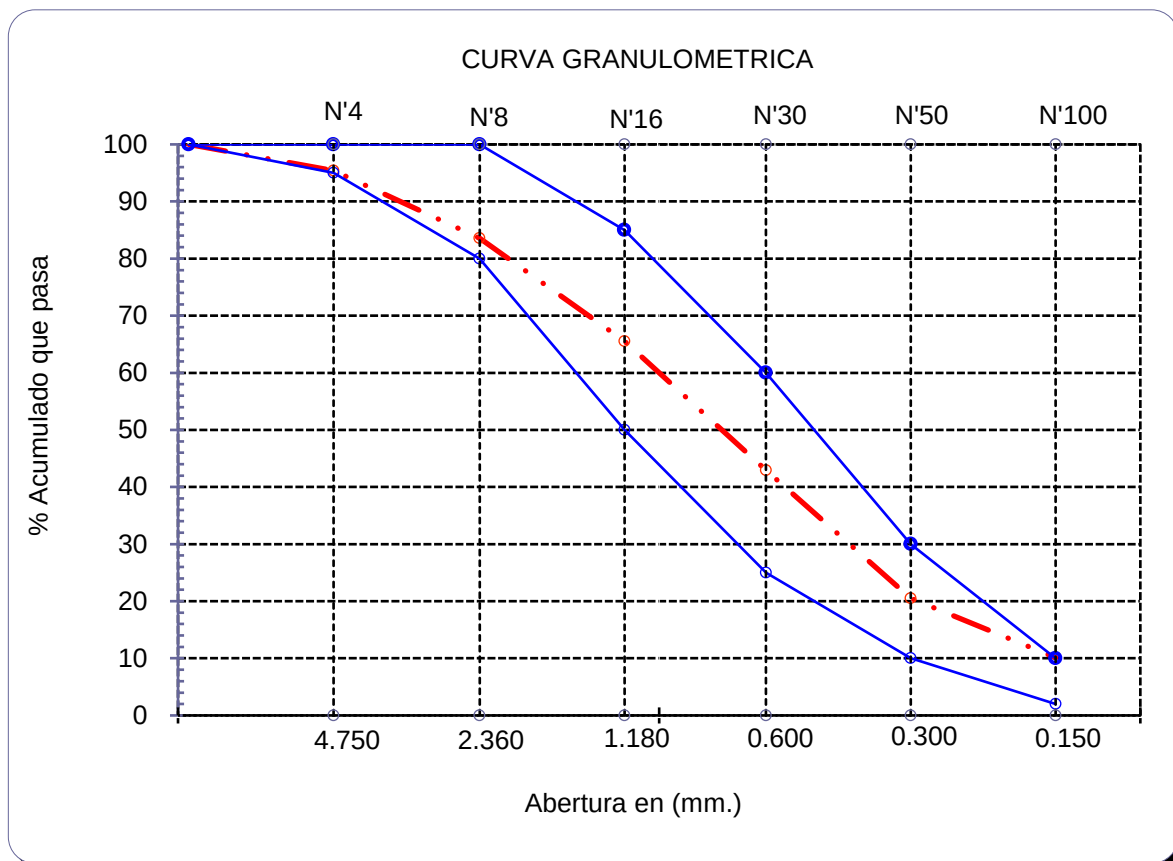
seco: 529.11 g

Malla		Peso	(%)	(%) Acum. Ret.	(%)	Especificaciones:	
(mm.)	Pulg.	Ret.	Ret.		Acum. Que Pasa		
12.700	1/2"	0	0.0	0.0	100.0	100	100
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	100.0	100	100
4.750	Nº 04	24.36	4.6	4.6	95.4	95	100
2.360	Nº 08	62.49	11.8	16.4	83.6	80	100
1.180	Nº 16	95.52	18.1	34.5	65.5	50	85
0.600	Nº 30	119.42	22.6	57.0	43.0	25	60
0.300	Nº 50	118.84	22.5	79.5	20.5	10	30
0.150	Nº 100	54.89	10.4	89.9	10.1	2	10
Fondo		53.59	10.1	100.0	0.0		

- Modulo de Fineza 2.82

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Curva granulométrica del A.F



De acuerdo a la determinación del tamaño de partícula, el material mineral fino encontrado en la cantera "Tres Tomás" corresponde a los parámetros especificados en la norma, mostrados en la curva granulométrica. Además, se determinó que el módulo de finura era 2,82, que se considera dentro del rango incluido.

Análisis granulométrico del agregado grueso

Tabla 25: Valores del análisis granulométrico del A.G - cantera "Tres Tomas"

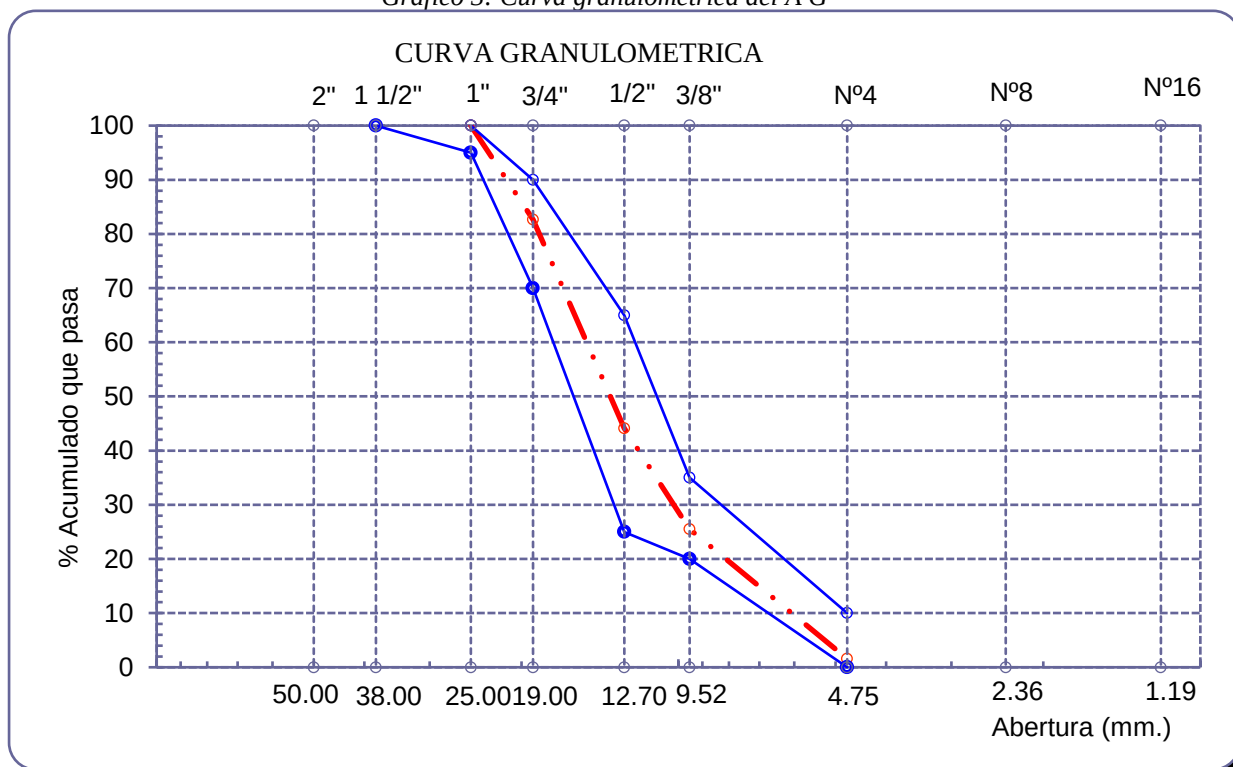
Peso seco: 11502.00g

Malla		Peso	(%)	(%)	(%)	Especificaciones:	
(mm.)	Pulg.	Ret.	Ret.	Acum. Ret.	Acum. Que Pasa		
38.00	1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0	100	100
25.00	1"	0	0.0	0.0	100.0	95	100
19.00	3/4"	1996	17.4	17.4	82.6	70	90
12.70	1/2"	4432	38.5	55.9	44.1	25	65
9.52	3/8"	2142	18.6	74.5	25.5	20	35
4.75	Nº 04	2750	23.9	98.4	1.6	0	10
2.36	Nº 08	113.62	1.0	99.4	0.6	0	5
1.19	Nº 16	15.55	0.1	99.5	0.5	0	0
	Fondo	52.83	0.5	100.0	0.0		

- Tamaño máximo 1" 25.00
 - Tamaño máximo Nominal 3/4" 19.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Curva granulométrica del A G



Una vez determinado el material mineral grueso seleccionado por la cantera “Tres Tomás”, éste cumple con los valores límite especificados en la norma, los cuales se determinan en relación al porcentaje retenido en cada tamiz. Además, el TM de agregado es 1" y el TMN es 3/4".

Contenido de humedad del agregado fino y grueso

Se determinaron los siguientes resultados del agregado fino:

Tabla 26: Porcentaje de humedad del A.F

- Peso de muestra húmeda	1000.00 g
- Peso de muestra seca	990.00 g
- Peso de recipiente	0 g
- Contenido de humedad	1.01 %

Fuente: Elaboración propia

Para hallar el contenido de humedad del agregado fino se seleccionó una muestra para la cual se realizó el ensayo según lo que establece la N.T.P 339.185, registrando así un porcentaje de contenido de humedad del 1.01% lo cual fue el valor utilizado en cuanto al diseño de mezcla.

Se determinaron los siguientes resultados del agregado grueso:

Tabla 27: Porcentaje de humedad del A.G

- Peso de muestra húmeda	12153.00 g
- Peso de muestra seca	12091.00 g
- Peso de recipiente	0 g
- Contenido de humedad	0.51 %

Fuente: Elaboración propia

Para conocer el contenido de humedad del agregado grueso, se seleccionó y ensayó una muestra según el método especificado en la N.T.P 339.185 y se encontró un contenido de humedad de 0,51%, el cual es utilizado en cuanto al diseño de la mezcla.

Peso específico y absorción del agregado fino y agregado grueso

Según el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 28: Resultados del peso específico y absorción del A.F

<u>Datos</u>		
- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	991.72 g	991.72 g
- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	685.78 g	685.78 g
- Peso del Agua	305.94 g	305.94 g
- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	682.29 g	682.29 g
- Peso del Frasco	185.78 g	185.78 g
- Peso de la Arena Secada al Horno	496.51 g	496.51 g
- Volumen del frasco	500 g	500 g
<u>Resultados</u>		
- Peso específico de masa	2.559 g/cm ³	
- Peso esp. de masa sat. sup. seco	2.577 g/cm ³	
- Peso específico aparente	2.605 g/cm ³	
- Porcentaje de absorción	0.70%	

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas de densidad y absorción de agua de los agregados finos se realizaron de acuerdo con el procedimiento establecido por la N.T.P 400 022, donde según los resultados se obtuvo una densidad de 2559 g/cm³ y una absorción de agua igual al 070%.

Según el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 29: Resultados del peso específico y absorción del A.G

<u>Datos</u>		
- Peso de la muestra secada al horno	1820.00 g	1640.00 g
- Peso de la muestra superficialmente seca	1836.00 g	1661.00 g
- Peso de la muestra dentro del agua + peso de la canastilla	1997.00 g	1887.00 g
- Peso de la canastilla	886.00 g	886.00 g
- Peso de la muestra saturada dentro del agua	1111.00 g	1001.00 g

Resultados

- Peso específico de masa	2.498 g/cm ³
- Peso esp. de masa sat. sup. seco	2.525 g/cm ³
- Peso específico aparente	2.567 g/cm ³
- Porcentaje de absorción	1.07%

Fuente: Elaboración propia

La prueba de densidad del agregado grueso y absorción de agua se realizó según el procedimiento prescrito en la N.T.P 400.022 donde la gravedad específica obtenida con base en la muestra seleccionada fue de 2.498 g/cm³ y la absorción de agua de 1.07%.

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Conforme con la prueba de densidad aparente de agregado fino en solución seca y compactación en seco, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 30: Resultado de los pesos unitarios sueltos secos del A.F

<u>Peso Unitario Suelto</u>		
- Peso de la muestra suelta + recipiente	1886 g	18866 g
- Peso del recipiente	10118 g	10118 g
- Peso del material	8744 g	8748 g
- Constante o Volumen	0.00548 m ³	0.00548 m ³
- Peso unitario suelto húmedo	1596 g	1596 g
- Peso unitario suelto seco (Promedio)	1580 g	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Resultados de los pesos unitarios compactados secos del A.F

<u>Peso Unitario Compactado</u>		
- Peso de la muestra suelta + recipiente	20064 g	20032 g
- Peso del recipiente	10118 g	10118 g
- Peso del material	9946 g	9914 g
- Constante o Volumen	0.00548 m ³	0.00548 m ³
- Peso unitario suelto húmedo	1815 g	1809 g
- Peso unitario compactado seco (Promedio)	1794 g	

Fuente: Elaboración propia

Se determinan muestras de masa suelta y compactada de agregados finos según N.T.P. 400 017, evaluando la densidad del agregado fino suelto y compactado. El peso unitario seco suelto es de 1580 g/m³ y el peso unitario seco compactado es de 1794 g/m³.

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Según el ensayo de pesos unitarios sueltos secos y compactados secos del agregado grueso se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 32: Resultado de los pesos unitarios sueltos secos del A.G

Peso Unitario Suelto		
- Peso de la muestra suelta + recipiente	17330 g	17320 g
- Peso del recipiente	10110 g	10110 g
- Peso del material	7220 g	7210 g
- Constante o Volumen	0.00548 m ³	0.00548 m ³
- Peso unitario suelto húmedo	1318 g	1316 g
- Peso unitario suelto seco (Promedio)	1310 g	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Resultados de los pesos unitarios compactados secos del A.G

Peso Unitario Compactado		
- Peso de la muestra suelta + recipiente	18580 g	18590 g
- Peso del recipiente	10110 g	10110 g
- Peso del material	8470 g	8480 g
- Constante o Volumen	0.00548 m ³	0.00548 m ³
- Peso unitario suelto húmedo	1546 g	1547 g
- Peso unitario suelto seco (Promedio)	1539 g	

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, se determina siguiendo los procesos que establece la N.T.P. 400.017, teniendo que principalmente establecer la densidad de masa del agregado grueso suelto y compactado. Logrando como resultados de peso unitario suelto seco de 1310 g/m³, y para peso compactado seco de 1539 g/m³.

Equivalente de arena

Según el ensayo de equivalente de arena se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 34: Determinación de equivalente de arena

<u>I.- DATOS</u>			
Muestra	1	2	3
- Tamaño máxima (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
- Altura máxima del material fino (cm.)	7.50	9.00	6.30
- Altura máxima de la arena (cm.)	4.00	3.70	3.20
- Equivalente de arena	53.33 %	41.11 %	50.79 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)		49 %	

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el equivalente del agregado fino, se realizó según los parámetros establecidos en la NTP. 339.146, por lo que se obtuvo un equivalente de 49% lo cual según el MTC indica que este agregado fino contaría con una cantidad significativa de partículas finas.

Porcentaje de sales

Según el ensayo de sales solubles se determinó lo siguiente:

Tabla 35: Sales soluble (Material fino)

Muestra	Constituyentes de sales solubles totales	
	ppm	200
Material fino	%	0.02

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla -Método ACI 211

Según el diseño realizado y al reajuste por slump que se desarrolló, se pudo obtener los siguientes resultados para la elaboración del concreto convencional especificado para la muestra patrón y con cada adición.

Tabla 36: Materiales en condiciones húmedas para el diseño de mezcla m3

Material	210 kg/cm²
Cemento	394.97 kg/m ³
Agua	222.92 kg/m ³
Agregado Fino	701.00 kg/m ³
Agregado Grueso	912.42 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del material fino que pasa la malla #200 (MF), se consideró los porcentajes que se necesita para la dosificación del material fino en porcentajes en su totalidad del 9%, 12%, 15% y 18% para la elaboración del concreto.

Tabla 37: Cantidades por m3 de material fino pasantes el tamiz N°200

Resistencia	9%	12%	15%	18%
210 kg/cm ²	33.03 kg/m ³	55.05 kg/m ³	77.07 kg/m ³	99.09 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Ensayos de calidad del concreto

Concreto en estado fresco

Asentamiento

Se pudo determinar el asentamiento del concreto fresco del diseño de mezcla patrón y para los porcentajes totales de material fino (9%,12%, 15% y 18%), observándose que el material fino influye significativamente al incorporar mayor cantidad de este y por ende el asentamiento resulta menor. En la siguiente tabla se evidencian los valores obtenidos:

Tabla 38: Asentamiento del concreto fresco

F'C = 210 kg/cm²	
DISEÑO DE MEZCLA	SLUMP (pulg)
Muestra Patrón	3.9
Muestra Patrón + 9% M. F	3.4
Muestra Patrón + 12% M. F	3.0
Muestra Patrón + 15% M. F	2.4
Muestra Patrón + 18% M. F	1.8

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario del concreto fresco

Para establecer el peso unitario del concreto fresco se determinó conforme con la N.T.P. 339.046, registrándose 8 muestras en total. De las cuales 4 muestras son de dimensiones de 4" x 8" tanto para el diseño de mezcla de muestra patrón y con muestras con los diferentes porcentajes en totalidad del material fino (9%, 12%, 15% y 18%). A continuación, se muestran las tablas de pesos unitarios obtenidos para cada diseño de mezcla:

Tabla 39: Resultados del ensayo de peso unitario en estado fresco

Muestra	Peso del concreto + Molde (g)	Peso del molde (g)	Peso del concreto (g)	Vol. De moldes cilíndricos (m3)	Peso Unitario (kg/m3)
Muestra Patrón	4085.89	230	3855.89	0.001571	2454.74
Muestra Patrón + 9% M. F	4086.56	230	3856.56	0.001571	2455.16
Muestra Patrón + 12% M. F	4083.44	230	3853.44	0.001571	2453.18
Muestra Patrón + 15% M. F	4082.11	230	3852.11	0.001571	2452.33
Muestra Patrón + 18% M. F	4082.22	230	3852.22	0.001571	2452.40

Fuente: Elaboración propia

Contenido de aire del concreto

En cuanto al contenido de aire se evaluó con referente al diseño de muestra patrón y con cada una de las adiciones de material fino (9%, 12%, 15% y 18%), siguiendo la norma NTP 339.083.

Tabla 40: Porcentaje de contenido de aire

Muestra	Contenido de aire	Contenido de aire In situ
Muestra Patrón	2.00%	1.85%
Muestra Patrón + 9% M. F	2.00%	1.80%
Muestra Patrón + 12% M. F	2.00%	1.85%
Muestra Patrón + 15% M. F	2.00%	1.95%
Muestra Patrón + 18% M. F	2.00%	1.95%

Fuente: Elaboración propia

Temperatura del concreto

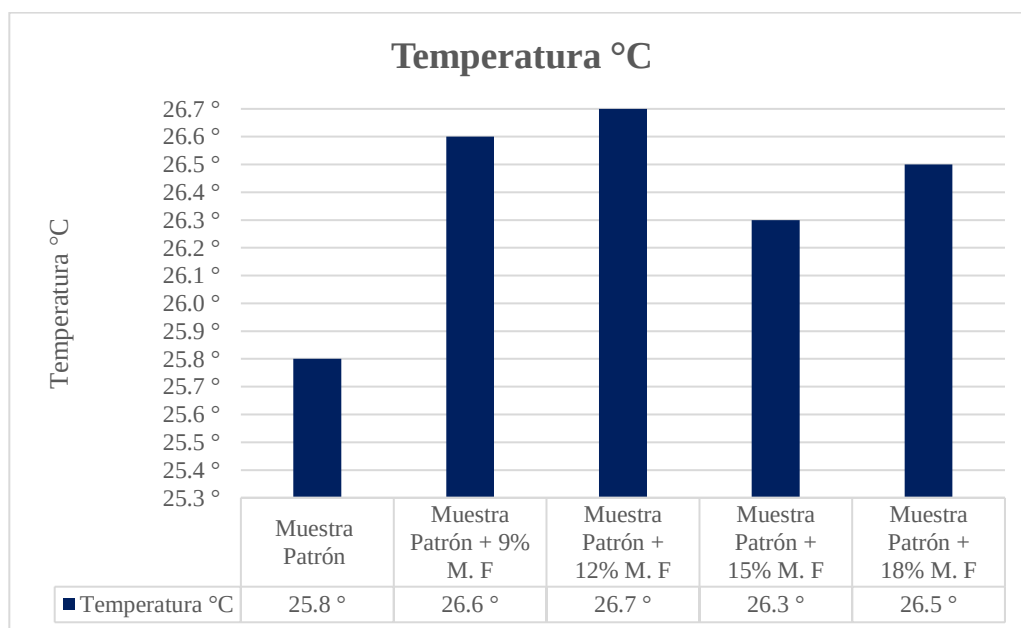
Para determinar la temperatura del concreto se tuvo que colocar el termómetro en una de las probetas, correspondientes a cada dosificación. Las lecturas se tomaron después de los 5 min a como establece la N.T.P. 339.184, considerando la temperatura ambiental y de cada una de las muestras.

Tabla 41: Temperatura del concreto

Muestra	Temperatura °C
Muestra Patrón	25.8 °
Muestra Patrón + 9% M. F	26.6 °
Muestra Patrón + 12% M. F	26.8 °
Muestra Patrón + 15% M. F	26.3 °
Muestra Patrón + 18% M. F	26.5 °

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Comparación de resultados de temperatura - concreto en estado fresco



Fuente: Elaboración propia

Concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión

Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión se debe verificar la resistencia solicitada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Por lo que se evaluara la resistencia de muestra patrón y con los diferentes porcentajes totales de material fino, en edades de 3, 7, 14, 21, 28, 56 y 90 días. A partir de ello se presentan en cada tabla el registro de los resultados obtenidos al ejecutar este ensayo:

Tabla 42: Resistencia a la compresión: Muestra patrón

Descripción $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Fechas		Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm ²)	Promedio (%)
	Vaciado	Ruptura			kg	kg/cm ²			
M. Patrón	2/10/2023	5/10/2023	3	10.1	14576.0	181.9	87%	179.7	86%
				10.1	15754.9	196.6	94%		
				10.1	12862.5	160.5	76%		
	5/10/2023	12/10/2023	7	10.1	20197.9	252.1	120%	241.6	115%
				10.1	17148.8	214.0	102%		
				10.1	20712.6	258.5	123%		
	5/10/2023	19/10/2023	14	10.1	20756.6	259.1	123%	279.1	133%
				10.1	22546.0	281.4	134%		
				10.1	23788.9	296.9	141%		
	2/10/2023	23/10/2023	21	10.1	23681.8	295.6	141%	295.6	141%
				10.1	23632.9	295.0	140%		
				10.1	23726.4	296.1	141%		
	5/10/2023	2/11/2023	28	10.1	25039.2	312.5	149%	310.9	148%
				10.1	24739.7	308.8	147%		
				10.1	24957.2	311.5	148%		
	6/11/2023	1/01/2024	56	10.1	24850.3	310.2	148%	315.6	150%
				10.1	26000.7	324.5	155%		
				10.1	25011.9	312.2	149%		
	6/11/2023	4/02/2024	90	10.1	26504.6	330.8	158%	319.2	152%
				10.1	25125.9	313.6	149%		
				10.1	25095.8	313.2	149%		

Fuente: Elaboración propia

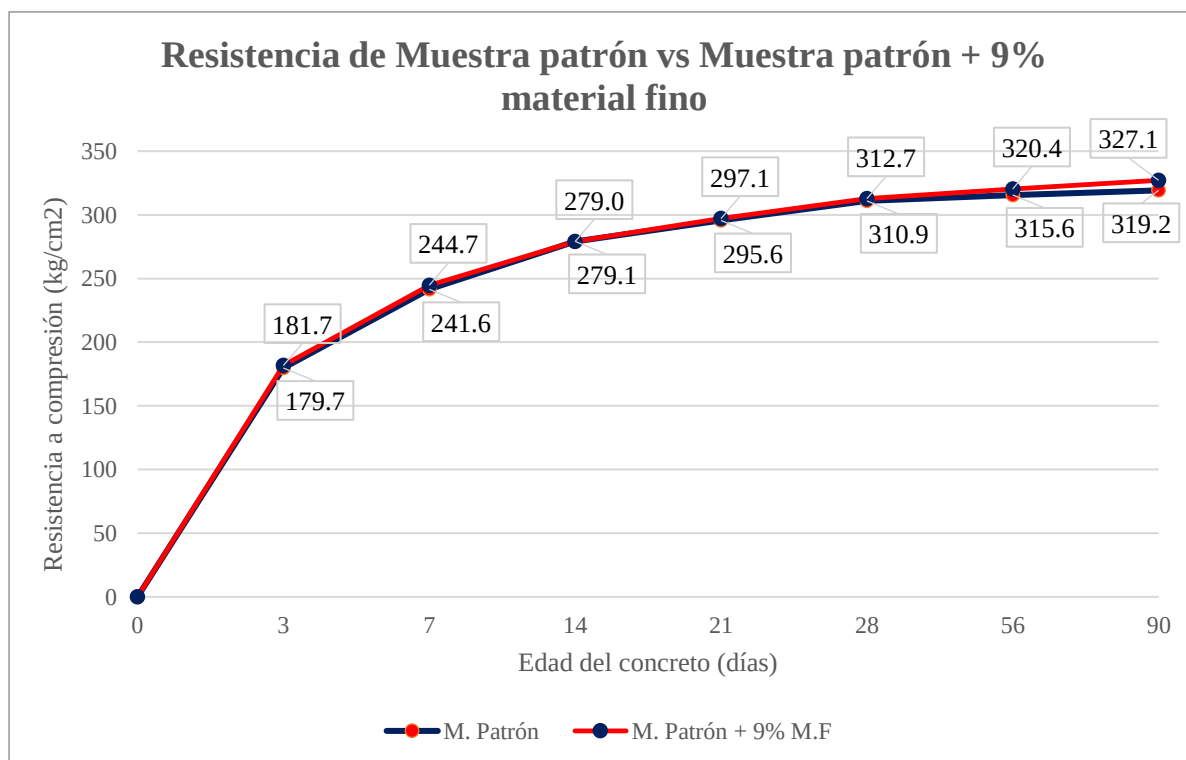
Los resultados muestran los valores que se obtuvieron en la resistencia a la compresión para la muestra patrón, determinando que alcanza un $f'c = 310.9 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 28 días. Representando un 148% de la resistencia con respecto al valor de resistencia de diseño. Así mismo, se evaluó para edades mayores de 56 días en la cual la resistencia llego a 315.6 kg/cm^2 y los 90 días llegando a una resistencia mayor de 319.2 kg/cm^2 . Cabe recalcar que en los últimos días la resistencia ha tenido un leve incremento.

Tabla 43: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +9% de material fino

Descripción	Fechas		Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm2)	Promedio (%)
	Vaciado	Ruptura			kg	kg/cm2			
M. Patrón + 9% M.F	15/10/2023	18/10/2023	3	10.1	14759.5	184.2	88%	181.7	87%
				10.1	13505.6	168.6	80%		
				10.1	15397.0	192.2	92%		
	13/10/2023	20/10/2023	7	10.1	19063.6	237.9	113%	244.7	117%
				10.1	20994.8	262.0	125%		
				10.1	18755.3	234.1	111%		
	13/10/2023	27/10/2023	14	10.1	22267.9	277.9	132%	279.0	133%
				10.1	22384.1	279.4	133%		
				10.1	22414.2	279.8	133%		
	15/10/2023	5/11/2023	21	10.1	23858.5	297.8	142%	297.1	141%
				10.1	23684.7	295.6	141%		
				10.1	23855.5	297.8	142%		
	13/10/2023	10/11/2023	28	10.1	24940.3	311.3	148%	312.7	149%
				10.1	25157.9	314.0	150%		
				10.1	25054.3	312.7	149%		
	7/11/2023	2/01/2024	56	10.1	26598.9	332.0	158%	320.4	153%
				10.1	25441.4	317.5	151%		
				10.1	24967.6	311.6	148%		
	7/11/2023	5/02/2024	90	10.1	26843.1	335.0	160%	327.1	156%
				10.1	25901.5	323.3	154%		
				10.1	25883.9	323.1	154%		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 9% de material fino



Fuente: Elaboración propia

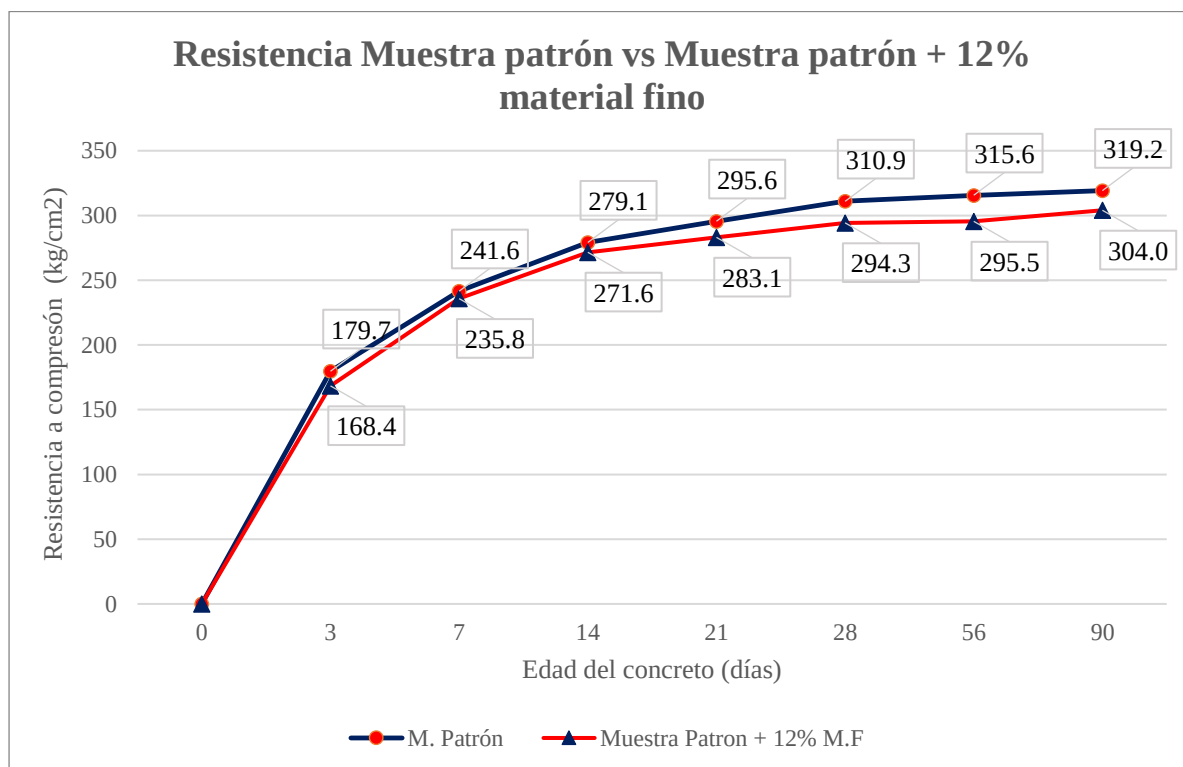
Esta gráfica muestra la resistencia a la compresión lograda con la adición de un 9% de finos, dando como resultado una resistencia de 312,7 kg/cm² a los 28 días de edad, lo que se considera el 149% de la resistencia de diseño. Así mismo, la resistencia se incrementa en 1,8 kg/cm² respecto a la muestra estándar. Además, cabe destacar que la evaluación en edades superiores a 56 y 90 días arrojó buenos resultados de 320.4 kg/cm² y 327.1 kg/cm², considerando que no ha habido un aumento considerable en edades superiores.

Tabla 44: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +12% de material fino

Descripción	Fechas		Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm ²)	Promedio (%)
	f'c = 210 kg/cm ²	Vaciado Ruptura			kg	kg/cm ²			
Muestra Patrón + 12% M.F	23/10/2023	26/10/2023	3	10.1	13898.5	173.5	83%	168.4	80%
				10.1	13687.5	170.8	81%		
				10.1	12889.3	160.9	77%		
	16/10/2023	23/10/2023	7	10.1	18103.7	226.0	108%	235.8	112%
				10.1	18705.0	233.5	111%		
				10.1	19865.9	248.0	118%		
	16/10/2023	30/10/2023	14	10.1	21773.5	271.8	129%	271.6	129%
				10.1	21931.7	273.7	130%		
				10.1	21573.0	269.3	128%		
	23/10/2023	13/11/2023	21	10.1	22275.6	278.0	132%	283.1	135%
				10.1	22960.2	286.6	136%		
				10.1	22812.0	284.7	136%		
	16/10/2023	13/11/2023	28	10.1	22815.6	284.8	136%	294.3	140%
				10.1	23714.6	296.0	141%		
				10.1	24213.4	302.2	144%		
	10/11/2023	5/01/2024	56	10.1	24362.5	304.1	145%	295.5	141%
				10.1	22825.2	284.9	136%		
				10.1	23834.5	297.5	142%		
	10/11/2023	8/02/2024	90	10.1	24843.6	310.1	148%	304.0	145%
				10.1	24217.5	302.3	144%		
				10.1	24015.8	299.8	143%		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 12% de material fino



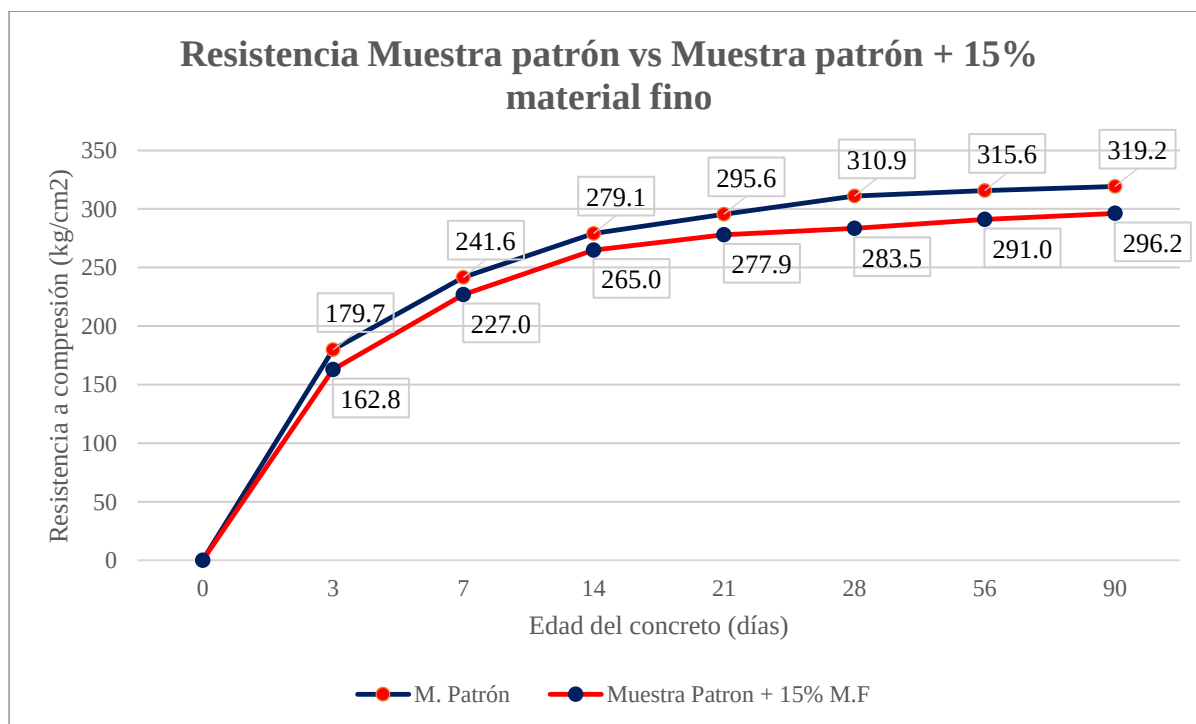
La grafica muestra con respecto a la resistencia a la compresión con una adición del 12% de material fino, lo cual se puede concluir que la resistencia obtenida a los 28 días resulta de 294.3 kg/cm², llegando a un 140% de la resistencia de diseño, sin embargo reconocer que disminuyó en un 16.6 kg/cm² con respecto a la muestra patrón. Además, en las edades mayores en las que se evaluó aun hubo un incremento de resistencia llegando a los 56 días de 295.5 kg/cm² y a los 90 días de 304 kg/cm², lo cual estas edades hubo un aumento de 8.5 kg/cm² de resistencia.

Tabla 45: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +15% de material fino

Descripción f'c = 210 kg/cm ²	Fechas		Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm ²)	Promedio (%)
	Vaciado	Ruptura			kg	kg/cm ²			
Muestra Patrón + 15% M.F	30/10/2023	2/11/2023	3	10.1	13726.8	171.3	82%	162.8	78%
				10.1	13633.6	170.2	81%		
				10.1	11779.4	147.0	70%		
	30/10/2023	6/11/2023	7	10.1	19165.9	239.2	114%	227.0	108%
				10.1	17368.0	216.8	103%		
				10.1	18023.4	225.0	107%		
	30/10/2023	13/11/2023	14	10.1	21943.4	273.9	130%	265.0	126%
				10.1	21082.9	263.1	125%		
				10.1	20660.6	257.9	123%		
	17/10/2023	7/11/2023	21	10.1	22235.0	277.5	132%	277.9	132%
				10.1	20822.1	259.9	124%		
				10.1	23730.6	296.2	141%		
	17/10/2023	14/11/2023	28	10.1	23008.5	287.2	137%	283.5	135%
				10.1	23648.0	295.2	141%		
				10.1	21492.3	268.3	128%		
	11/11/2023	6/01/2024	56	10.1	23451.9	292.7	139%	291.0	139%
				10.1	23299.8	290.8	138%		
				10.1	23196.7	289.5	138%		
	11/11/2023	9/02/2024	90	10.1	23684.0	295.6	141%	296.2	141%
				10.1	23678.6	295.5	141%		
				10.1	23834.5	297.5	142%		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 15% de material fino



Fuente: Elaboración propia

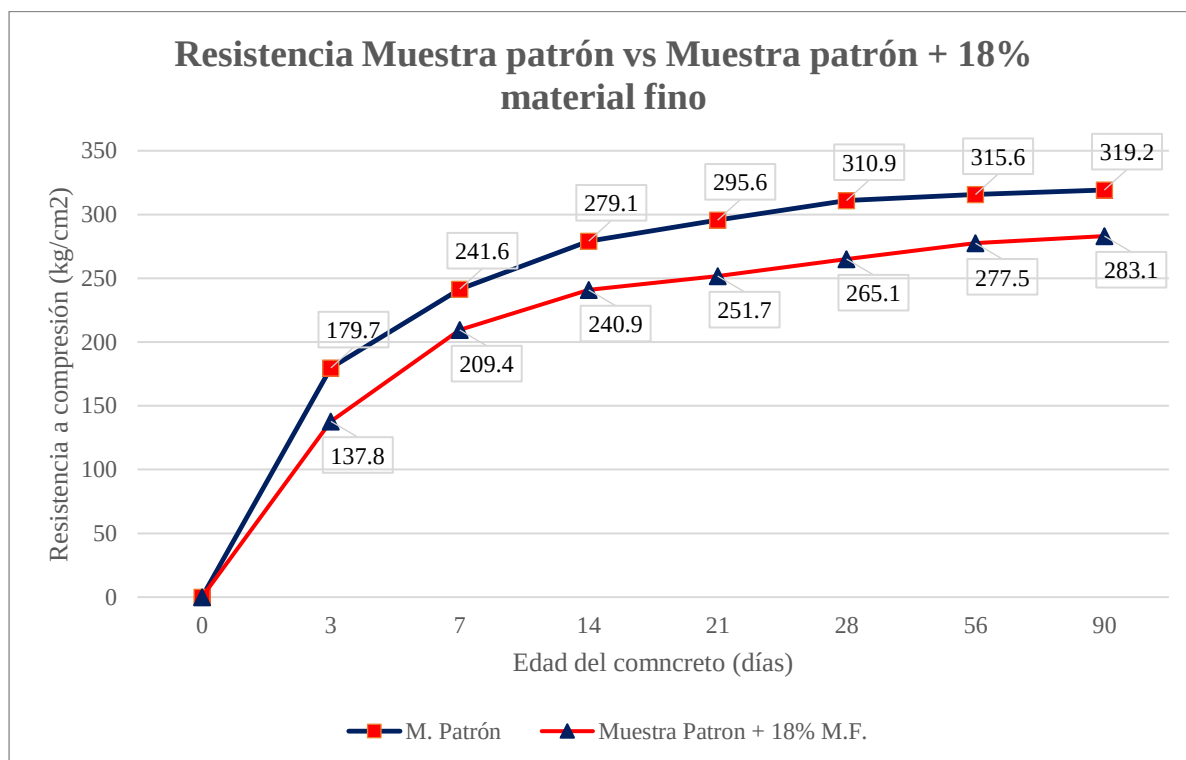
De acuerdo a la gráfica que detalla la resistencia a la compresión con una adición del 15% de material fino, especifica que a los 28 días llego a una resistencia de 283.5 kg/cm² lo cual estaría en un 135% de resistencia de diseño. Teniendo en cuenta que la resistencia disminuyo en 27.4 kg/cm² con respecto a la muestra patrón. Además, se determinó que para la edad de 56 y 90 días llegaron a resistencias mayores de 291 kg/cm² y 296.2 kg/cm², por lo que la resistencia aumentada es mínima entre ambas.

Tabla 46: Resistencia a la compresión: Muestra patrón +18% de material fino

Descripción	Fechas		Edad (Días)	Diámetro (Ø)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm ²)	Promedio (%)
	f'c = 210 kg/cm ²	Vaciado	Ruptura		kg	kg/cm ²			
Muestra Patrón + 18% M.F		28/10/2023	31/10/2023	3	10.1	10694.9	133.5	64%	
					10.1	11605.1	144.8	69%	137.8
					10.1	10825.7	135.1	64%	66%
		28/10/2023	4/11/2023	7	10.1	16627.8	207.5	99%	
					10.1	16684.0	208.2	99%	209.4
					10.1	17030.3	212.6	101%	100%
		28/10/2023	11/11/2023	14	10.1	18454.8	230.3	110%	
					10.1	19642.1	245.2	117%	240.9
					10.1	19798.0	247.1	118%	115%
		19/10/2023	9/11/2023	21	10.1	20800.0	259.6	124%	
					10.1	21040.8	262.6	125%	251.7
					10.1	18668.1	233.0	111%	120%
		19/10/2023	16/11/2023	28	10.1	21841.4	272.6	130%	
					10.1	18490.9	230.8	110%	265.1
					10.1	23382.9	291.9	139%	126%
		14/11/2023	9/01/2024	56	10.1	22788.0	284.4	135%	
					10.1	21491.1	268.2	128%	277.5
					10.1	22423.6	279.9	133%	132%
		14/11/2023	12/02/2024	90	10.1	22905.2	285.9	136%	
					10.1	22551.5	281.5	134%	283.1
					10.1	22581.1	281.8	134%	135%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Curvas de resistencia a la compresión de muestra patrón y muestra patrón más 18% de material fino



Según la gráfica que detalla la resistencia a la compresión con una adición del 18% de material fino, especifica que a los 28 días llegó a una resistencia de 265.1 kg/cm² lo cual estaría en un 126% de resistencia de diseño. Por lo que se acepta que la resistencia disminuyó en 45.8 kg/cm² con respecto a la muestra patrón. Así mismo, se determinó la resistencia a edades superiores, lo cual se evaluó a los 56 días logrando una resistencia de 277.5 kg/cm² y para 90 días los 283.1 kg/cm² considerando un aumento de 5.6 kg/cm² de resistencia final.

Resistencia a la tracción

A través de la tabla se muestra los valores que se obtuvieron en la resistencia a tracción en cada porcentaje adicionado de material fino y la muestra de diseño patrón:

Tabla 47: Resistencia a tracción a los 28 días

Muestra	Descripción	Fechas		Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
		Vaciado	Ruptura						
M1	Muestra patrón			28	15.1	30.1	11430.4	16	
M2	Muestra patrón	5/10/2023	2/11/2023	28	15.1	30.1	15956.1	22	20
M3	Muestra patrón			28	15.1	30.1	14783.4	21	
M4	Muestra patrón + 9% M. F			28	15.1	30.1	16918.3	24	
M5	Muestra patrón + 9% M. F	13/10/2023	10/11/2023	28	15.1	30.1	12986.7	18	20
M6	Muestra patrón + 9% M. F			28	15.1	30.1	12097.9	17	
M7	Muestra patrón + 12% M. F			28	15.1	30.1	12128.3	17	
M8	Muestra patrón + 12% M. F	16/10/2023	13/11/2023	28	15.1	30.1	12408.8	17	17
M9	Muestra patrón + 12% M. F			28	15.1	30.1	12192.2	17	
M10	Muestra patrón + 15% M. F			28	15.1	30.1	10743.8	15	
M11	Muestra patrón + 15% M. F	17/10/2023	14/11/2023	28	15.1	30.1	12799.1	18	16
M12	Muestra patrón + 15% M. F			28	15.1	30.1	11495	16	
M13	Muestra patrón + 18% M. F			28	15.1	30.1	11350.8	16	
M14	Muestra patrón + 18% M. F	17/10/2023	14/11/2023	28	15.1	30.1	9228.6	13	15
M15	Muestra patrón + 18% M. F			28	15.1	30.1	10743.8	15	

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta, la muestra con mejor comportamiento estaría tanto en la muestra de diseño patrón y con la adición del 9% de material fino, obteniéndose una misma resistencia promedio en comparación de cargas. Además, se reconoce que con una adición del 12% de material fino, existe una disminución del 13.2% de la resistencia a tracción indirecta al compararlo con la muestra patrón; de igual forma con una adición del 15% de material fino se encuentra una disminución del 16.8% de la resistencia a tracción indirecta con respecto a la muestra patrón; por ultimo al adicionar un 18% de material fino, se obtiene una disminución del 25.9% de resistencia a la tracción indirecta tomando como referencia a la muestra patrón.

Expansión de longitud de vigas de concreto expuestos a sulfato de sodio

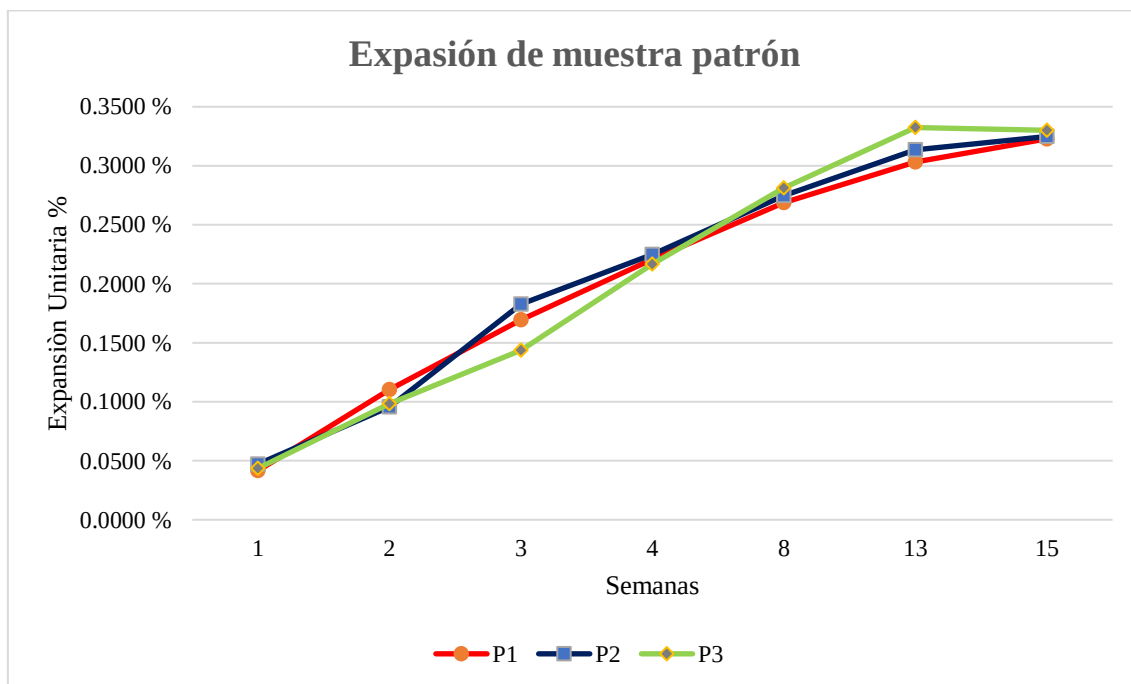
La expansión de longitud en vigas de concreto se desarrolló de acuerdo a la norma ASTM C1012, donde han sido sumergidas en la solución del sulfato de sodio para ir tomando lecturas por cada semana como se indica. A continuación, se evidencian las tablas en las que se evaluó por la muestra de diseño patrón y por cada porcentaje de material fino del 9%, 12%, 15% y 18%, de la cual se indicara que tanto se ha expandido el concreto y permitiendo evaluar la resistencia del concreto a la degradación por acción química.

Tabla 48: Expansión de longitud de muestra patrón.

Variación de Long.	P1	P2	P3
Semana 1	0.0416 %	0.0472 %	0.0436 %
Semana 2	0.1104 %	0.0956 %	0.0984 %
Semana 3	0.1696 %	0.1828 %	0.1436 %
Semana 4	0.2208 %	0.2248 %	0.2168 %
Semana 8	0.2688 %	0.2748 %	0.2812 %
Semana 13	0.3032 %	0.3136 %	0.3324 %
Semana 15	0.3228 %	0.3248 %	0.3300 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón.



Fuente: Elaboración propia

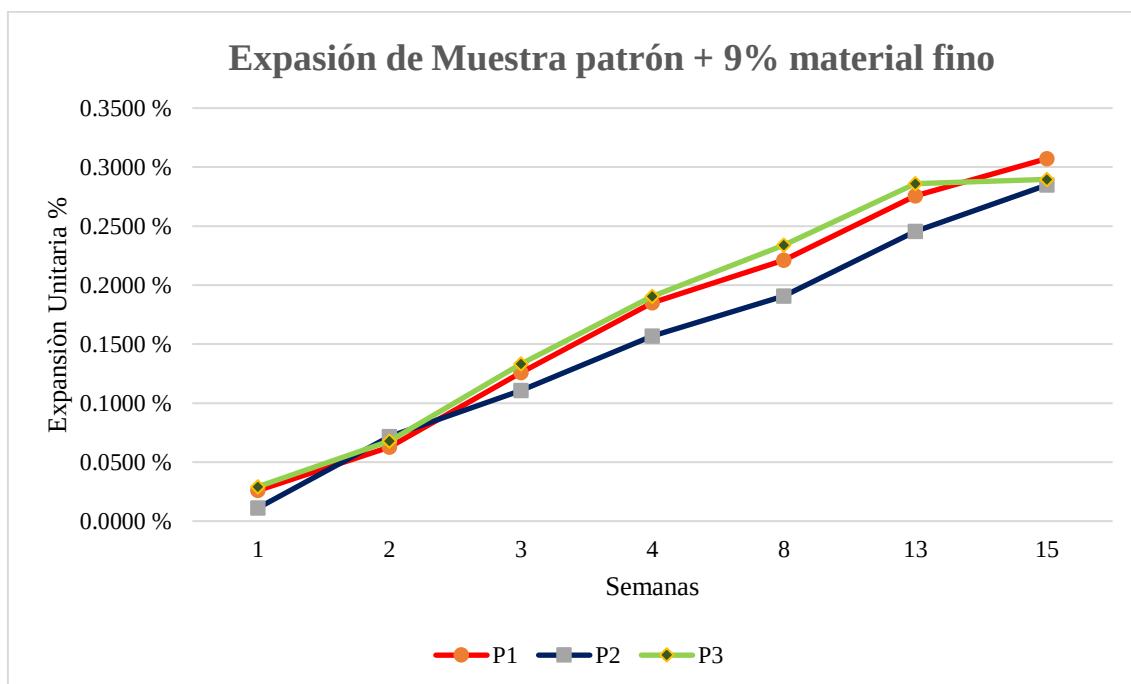
Respecto a los resultados de la expansión que tuvo la muestra de diseño patrón se observa que en las primeras semanas tuvieron una mayor expansión a comparación de las últimas semanas que menor, cabe indicar que hemos tomado 3 muestras con respecto a este diseño. Así mismo, llegando a una expansión en la semana 15 de la tercera muestra en un 0.33% de expansión máxima.

Tabla 49: Expansión de longitud de muestra patrón + 9% material fino.

Variación de Long.	P1	P2	P3
Semana 1	0.0260 %	0.0112 %	0.0292 %
Semana 2	0.0628 %	0.0716 %	0.0680 %
Semana 3	0.1260 %	0.1108 %	0.1332 %
Semana 4	0.1852 %	0.1568 %	0.1904 %
Semana 8	0.2212 %	0.1908 %	0.2340 %
Semana 13	0.2756 %	0.2456 %	0.2860 %
Semana 15	0.3072 %	0.2848 %	0.2896 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 9% de material fino.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran la expansión longitudinal en vigas de concreto estas para un diseño patrón con adición del 9% de material fino, de la cual la primera y tercera muestra

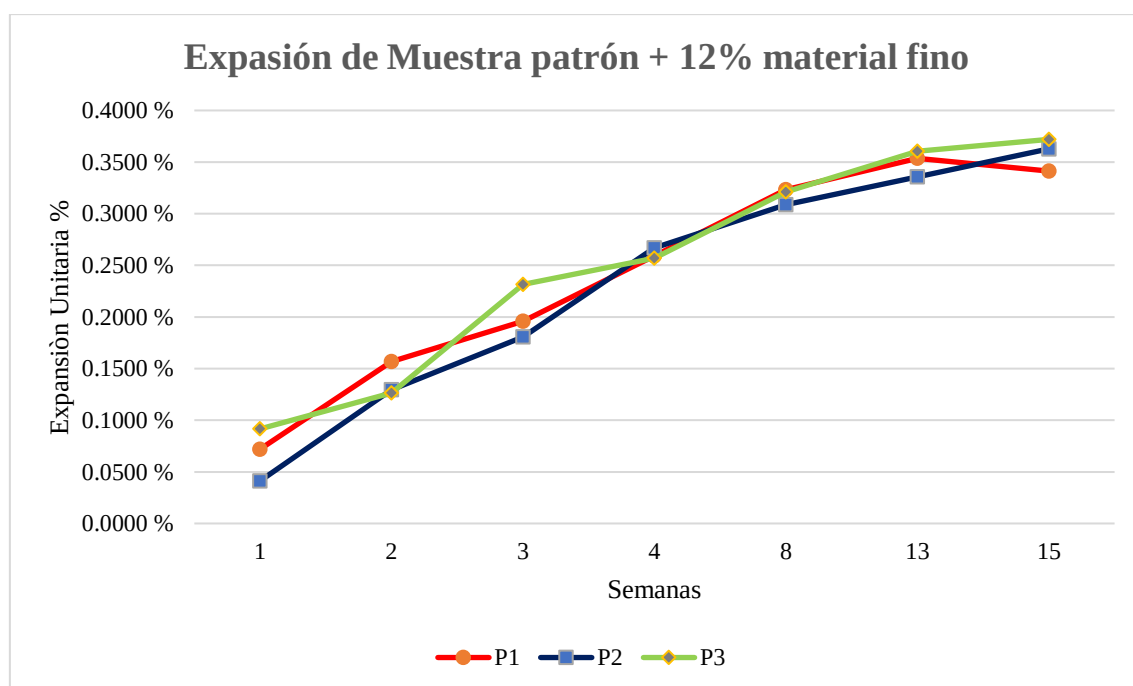
tuvieron una expansión similar a comparación de la segunda muestra. Logrando una expansión máxima de 0.307% con respecto a las muestras indicadas.

Tabla 50: Expansión de longitud de muestra patrón + 12% material fino.

Variación de Long.	P1	P2	P3
Semana 1	0.0720 %	0.0412 %	0.0916 %
Semana 2	0.1568 %	0.1296 %	0.1264 %
Semana 3	0.1960 %	0.1808 %	0.2316 %
Semana 4	0.2592 %	0.2668 %	0.2568 %
Semana 8	0.3232 %	0.3088 %	0.3212 %
Semana 13	0.3536 %	0.3356 %	0.3604 %
Semana 15	0.3412 %	0.3628 %	0.3720 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 12% de material fino.



Fuente: Elaboración propia

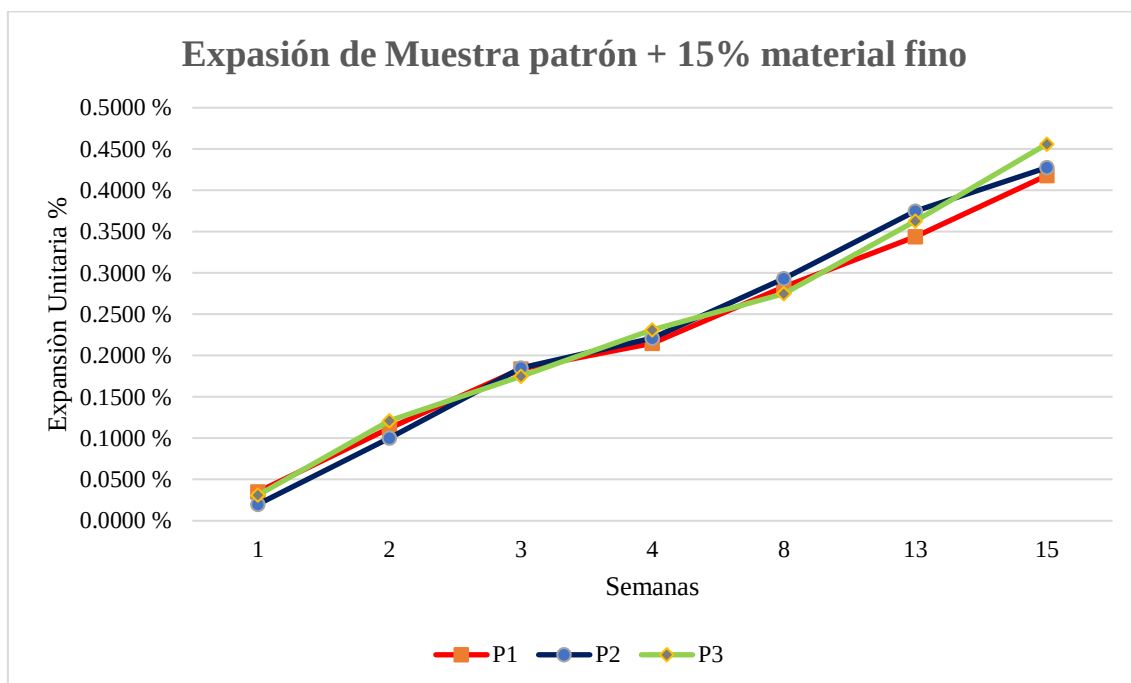
Se observa las muestras que tienen una expansión longitudinal simultánea, estas muestras representan al diseño de mezcla de muestra patrón con adición de un 12% de material fino, en lo que se llegó a una expansión máxima de 0.37% en comparación de las otras muestras.

Tabla 51: Expansión de longitud de muestra patrón + 15% material fino.

Variación de Long.	P1	P2	P3
Semana 1	0.0350 %	0.0200 %	0.0310 %
Semana 2	0.1120 %	0.1000 %	0.1210 %
Semana 3	0.1840 %	0.1850 %	0.1750 %
Semana 4	0.2150 %	0.2210 %	0.2310 %
Semana 8	0.2830 %	0.2930 %	0.2750 %
Semana 13	0.3440 %	0.3750 %	0.3631 %
Semana 15	0.4180 %	0.4275 %	0.4560 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 15% de material fino.



Fuente: Elaboración propia

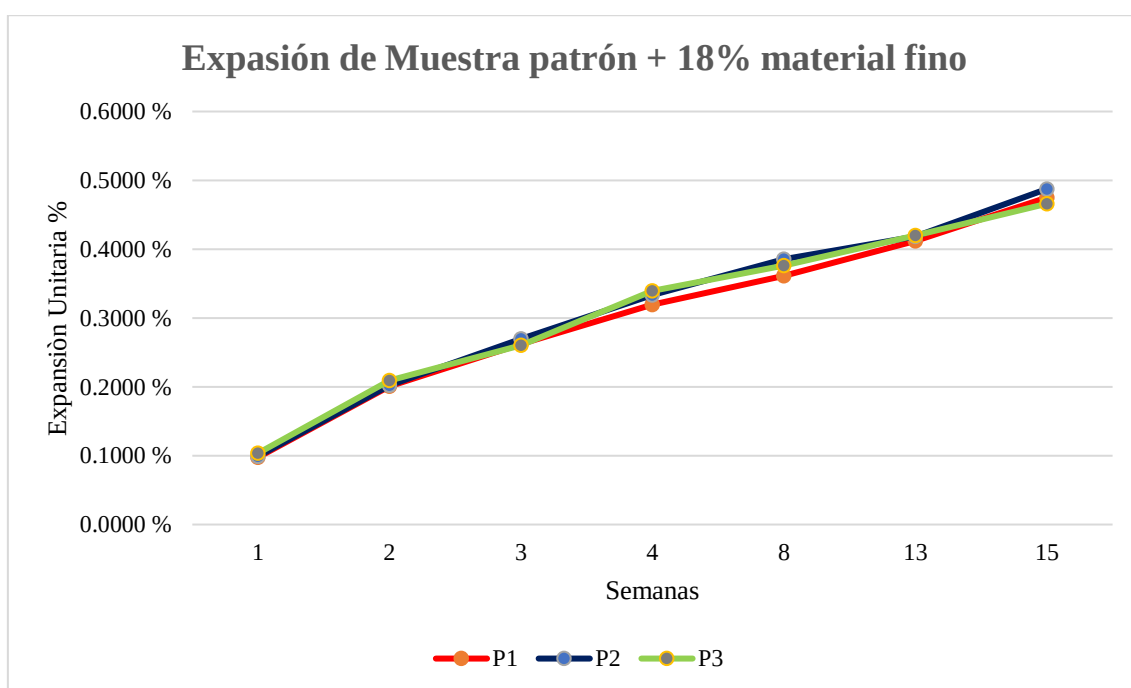
En los siguientes resultados se muestran la expansión longitudinal del diseño de mezcla con adición del 15% de material fino, donde se muestran me la mayor expansión fue en las últimas semanas a comparación de las primeras.

Tabla 52: Expansión de longitud de muestra patrón + 18% material fino.

Variación de Long.	P1	P2	P3
Semana 1	0.0976 %	0.0992 %	0.1036 %
Semana 2	0.2011 %	0.2023 %	0.2091 %
Semana 3	0.2623 %	0.2695 %	0.2603 %
Semana 4	0.3195 %	0.3335 %	0.3395 %
Semana 8	0.3615 %	0.3855 %	0.3760 %
Semana 13	0.4120 %	0.4183 %	0.4200 %
Semana 15	0.4750 %	0.4875 %	0.4660 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Curvas de la expansión de longitud de muestra patrón más 18% de material fino



Fuente: Elaboración propia

La expansión longitudinal para el diseño de mezcla patrón con acción del 18% de material fino, da como resultado que no hubo una diferencia tan significativamente en estas muestras.

Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson

A través del siguiente ensayo se analizan las propiedades elásticas del concreto dado que la utilización de dos parámetros: el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson. Estos permitirán entender cómo se comporta el concreto bajo la acción de carga, así como su capacidad de deformarse de manera elástica.

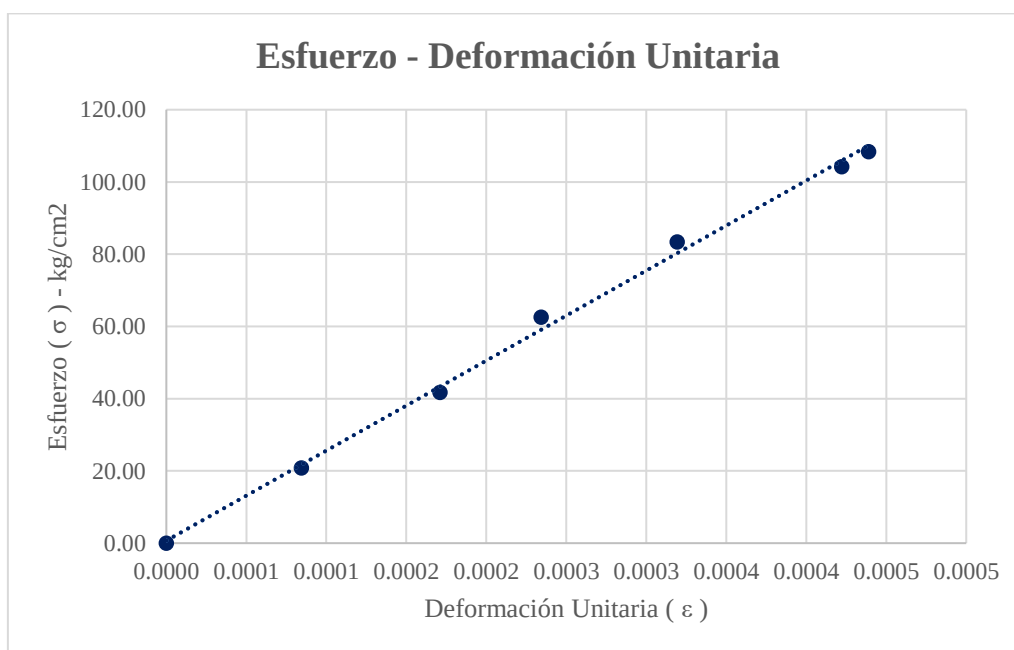
A continuación, se presentan las siguientes tablas y gráficos en las que se representa los valores de deformación cuando el esfuerzo llega al 40% de su resistencia máxima.

Tabla 53: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. patrón

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
37.44	0.0026	0.000084	20.85
74.88	0.0052	0.000171	41.70
112.32	0.0072	0.000234	62.56
149.75	0.0098	0.000319	83.41
187.19	0.0129	0.000422	104.26
194.68	0.0134	0.000439	108.43

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Módulo de elasticidad - M. Patrón

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón	28	271.08	108.43	12.35	0.000439	246922.19

Fuente: Elaboración propia

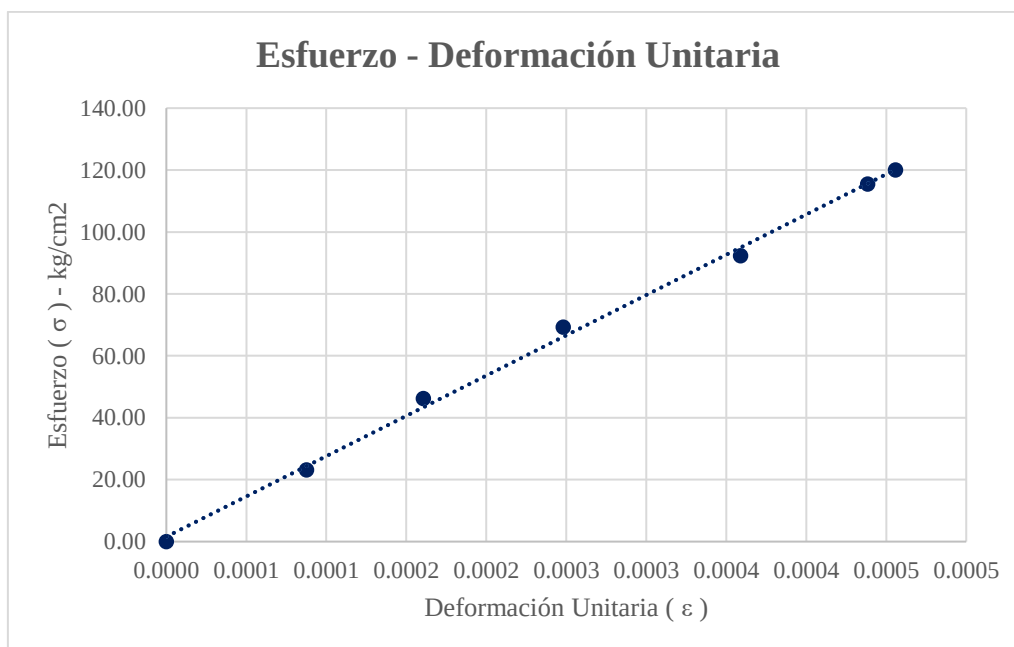
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 246922.19 kg/cm².

Tabla 55: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
41.45	0.0027	0.000088	23.09
82.91	0.0049	0.000161	46.18
124.36	0.0076	0.000248	69.27
165.82	0.0110	0.000359	92.35
207.27	0.0134	0.000438	115.44
215.56	0.0139	0.000456	120.06

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Módulo de elasticidad - M. Patrón

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón	28	300.15	120.06	13.17	0.000456	263342.05

Fuente: Elaboración propia

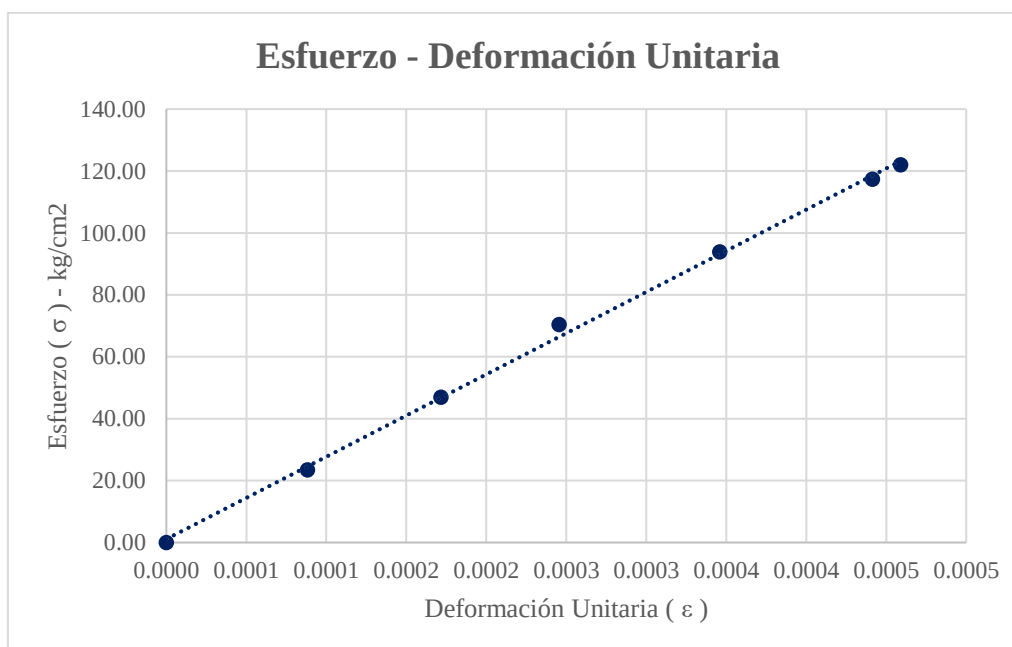
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 263342.05 kg/cm².

Tabla 57: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
42.12	0.0027	0.000088	23.46
84.25	0.0052	0.000172	46.92
126.37	0.0075	0.000246	70.38
168.49	0.0106	0.000346	93.85
210.62	0.0135	0.000441	117.31
219.04	0.0140	0.000459	122.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Módulo de elasticidad - M. Patrón

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón	28	305.00	122.00	13.29	0.000459	265714.45

Fuente: Elaboración propia

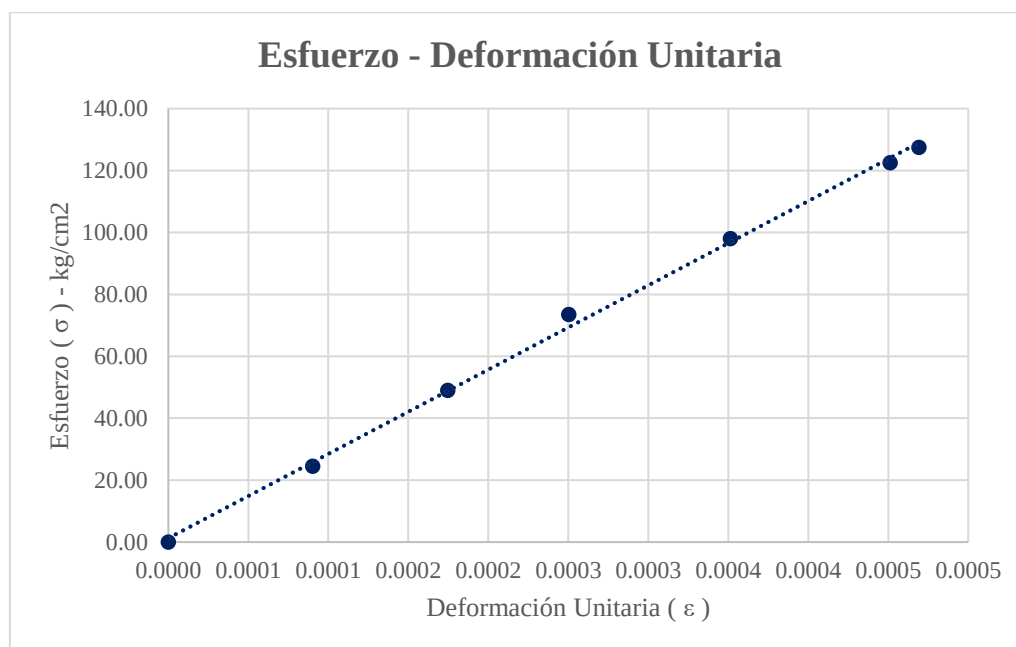
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 265714.45 kg/cm².

Tabla 59: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
43.55	0.0027	0.000090	24.52
87.11	0.0053	0.000175	49.04
130.66	0.0076	0.000250	73.56
174.21	0.0106	0.000351	98.08
217.77	0.0136	0.000451	122.60
226.48	0.0142	0.000469	127.51

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 9% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +9% M. F	28	318.77	127.51	13.59	0.000469	271712.94

Fuente: Elaboración propia

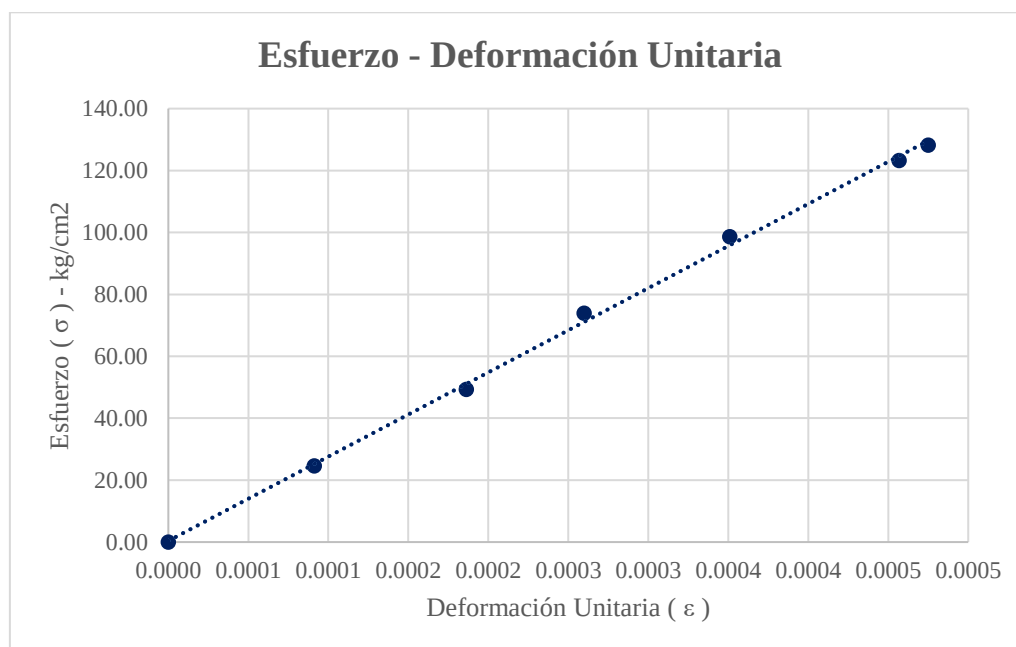
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 271712.94 kg/cm².

Tabla 61: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
43.80	0.0028	0.000091	24.66
87.59	0.0056	0.000186	49.32
131.39	0.0079	0.000260	73.97
175.19	0.0106	0.000351	98.63
218.98	0.0138	0.000457	123.29
227.74	0.0144	0.000475	128.22

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 9% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +9% M. F	28	320.55	128.22	13.49	0.000475	269897.85

Fuente: Elaboración propia

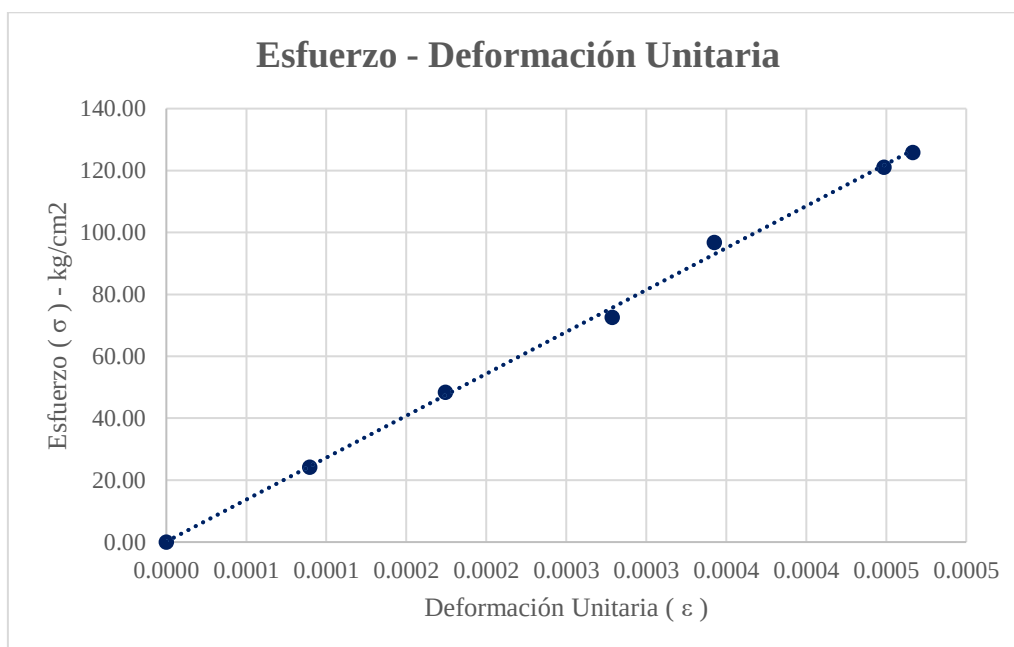
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 269897.85 kg/cm².

Tabla 63: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
43.01	0.0027	0.000090	24.21
86.02	0.0053	0.000175	48.43
129.03	0.0084	0.000279	72.64
172.04	0.0104	0.000343	96.86
215.05	0.0136	0.000449	121.07
223.65	0.0141	0.000467	125.91

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 9% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 9% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +9% M. F	28	314.79	125.91	13.49	0.000467	269797.47

Fuente: Elaboración propia

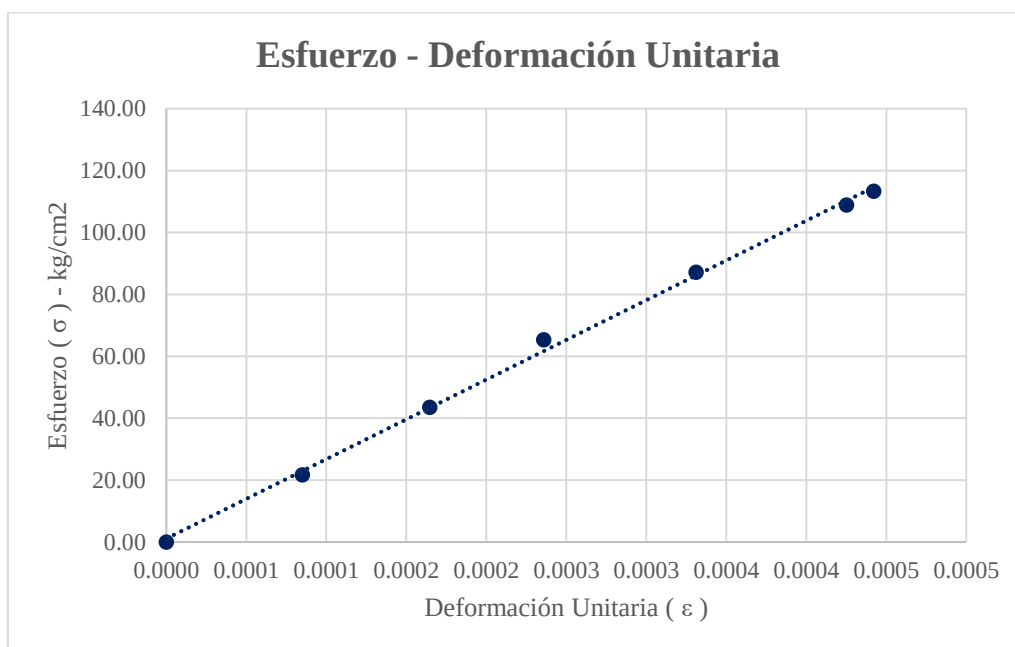
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 269797.47 kg/cm².

Tabla 65: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
39.08	0.0026	0.000085	21.79
78.16	0.0050	0.000165	43.58
117.24	0.0071	0.000236	65.37
156.33	0.0100	0.000331	87.17
195.41	0.0129	0.000425	108.96
203.22	0.0134	0.000442	113.32

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 20: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 12% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +12% M. F	28	283.29	113.32	12.81	0.000442	256219.66

Fuente: Elaboración propia

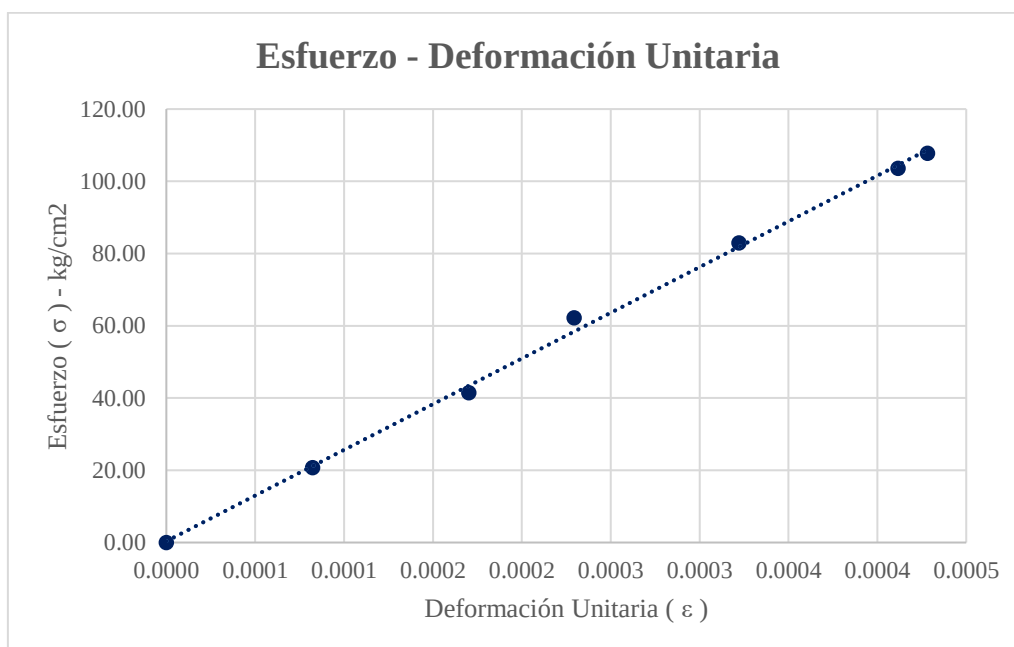
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 256219.66 kg/cm².

Tabla 67: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
37.16	0.0025	0.000082	20.72
74.32	0.0052	0.000170	41.44
111.48	0.0070	0.000230	62.16
148.64	0.0098	0.000322	82.88
185.80	0.0125	0.000412	103.60
193.24	0.0130	0.000428	107.75

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 21: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 12% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +12% M. F	28	269.37	107.75	12.58	0.000428	251582.22

Fuente: Elaboración propia

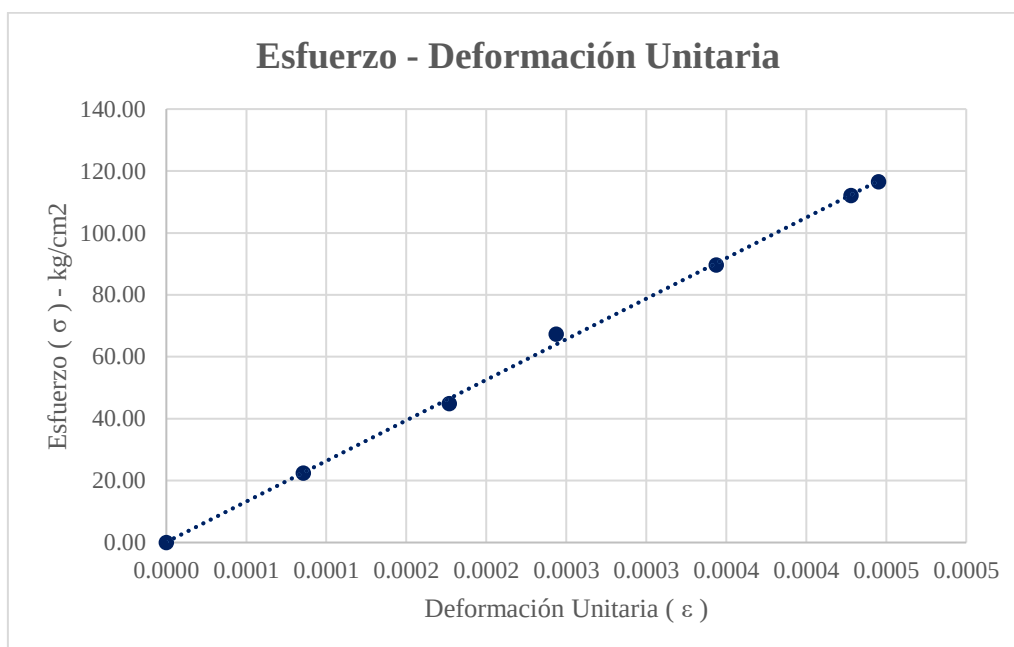
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 251582.22 kg/cm².

Gráfico 23: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
40.19	0.0026	0.000086	22.41
80.38	0.0054	0.000177	44.82
120.57	0.0074	0.000244	67.23
160.75	0.0104	0.000344	89.63
200.94	0.0130	0.000428	112.04
208.98	0.0135	0.000445	116.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 12% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 12% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +12% M. F	28	291.31	116.53	13.09	0.000445	261742.95

Fuente: Elaboración propia

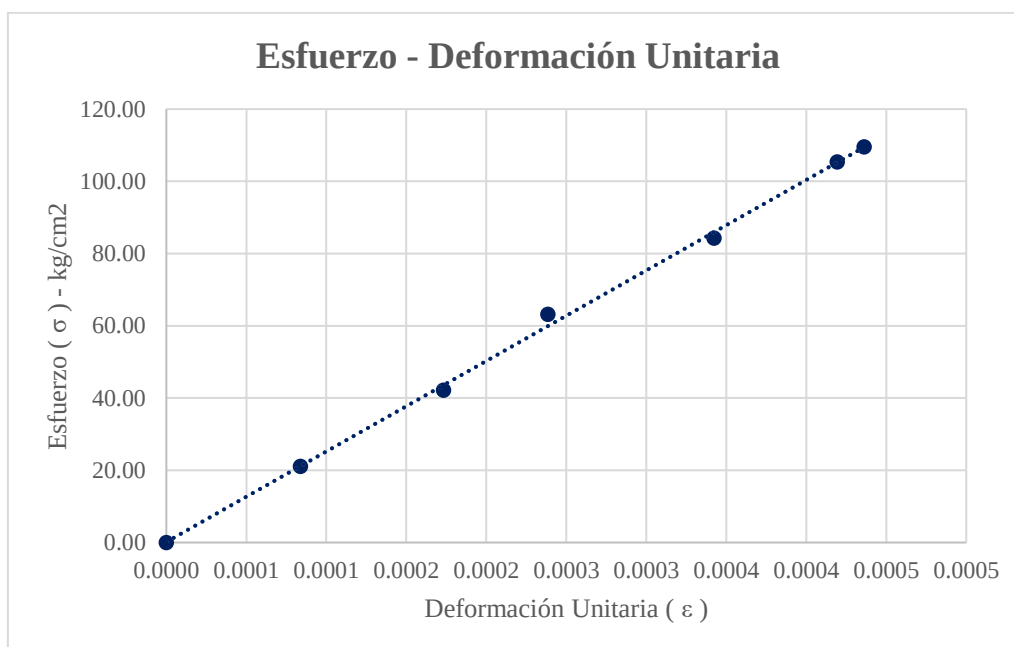
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 261742.95 kg/cm².

Tabla 70: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
37.53	0.0025	0.000084	21.06
75.06	0.0052	0.000173	42.12
112.59	0.0072	0.000238	63.19
150.13	0.0103	0.000342	84.25
187.66	0.0126	0.000419	105.31
195.16	0.0131	0.000436	109.52

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 24: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 15% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +15% M. F	28	273.81	109.52	12.55	0.000436	251093.12

Fuente: Elaboración propia

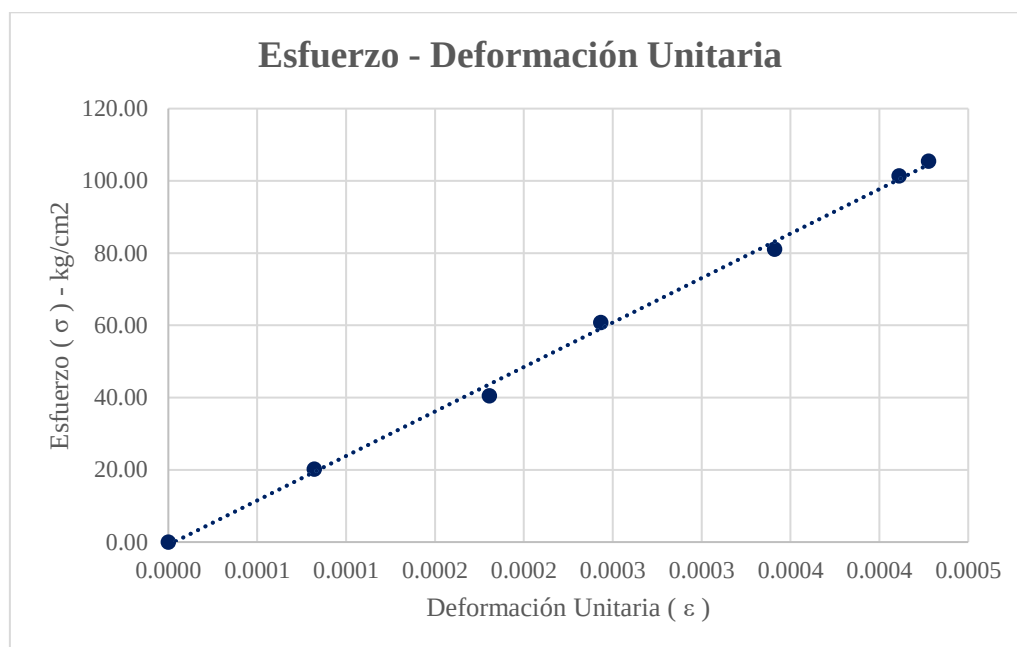
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 251093.12 kg/cm².

Tabla 72: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
36.14	0.0025	0.000082	20.28
72.27	0.0052	0.000174	40.56
108.41	0.0076	0.000254	60.84
144.54	0.0103	0.000341	81.12
180.68	0.0124	0.000411	101.39
187.90	0.0129	0.000428	105.45

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 25: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 73: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 15% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +15% M. F	28	263.62	105.45	12.33	0.000428	246568.91

Fuente: Elaboración propia

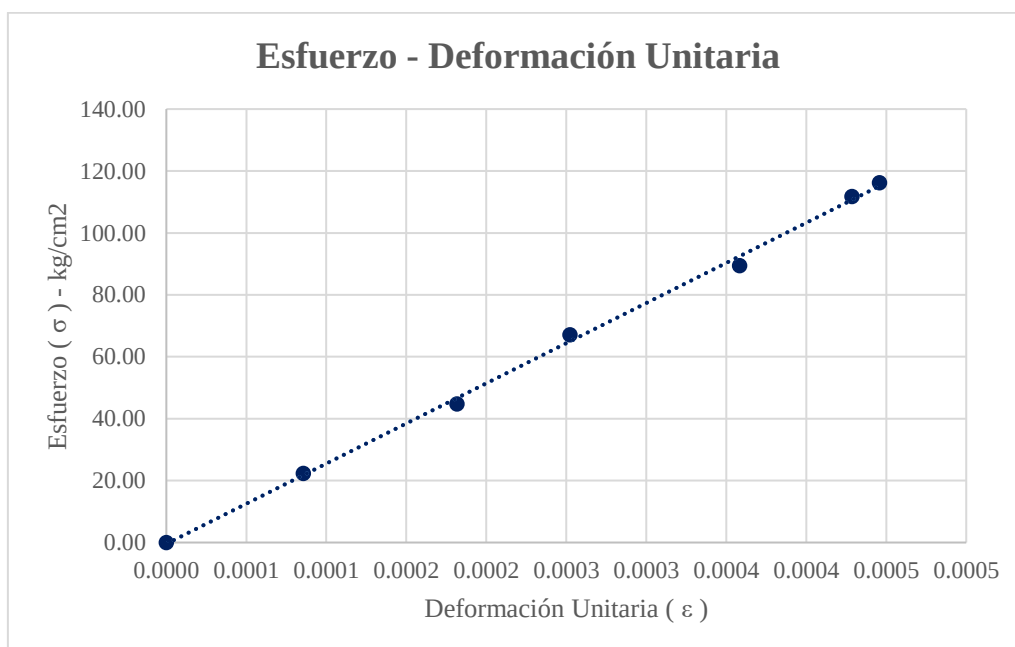
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 246568.91 kg/cm².

Tabla 74: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
39.82	0.0026	0.000086	22.35
79.64	0.0055	0.000182	44.69
119.45	0.0076	0.000252	67.04
159.27	0.0108	0.000358	89.38
199.09	0.0129	0.000429	111.73
195.16	0.0129	0.000446	116.20

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 26: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 15% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 15% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +15% M. F	28	290.49	116.20	13.03	0.000446	260633.34

Fuente: Elaboración propia

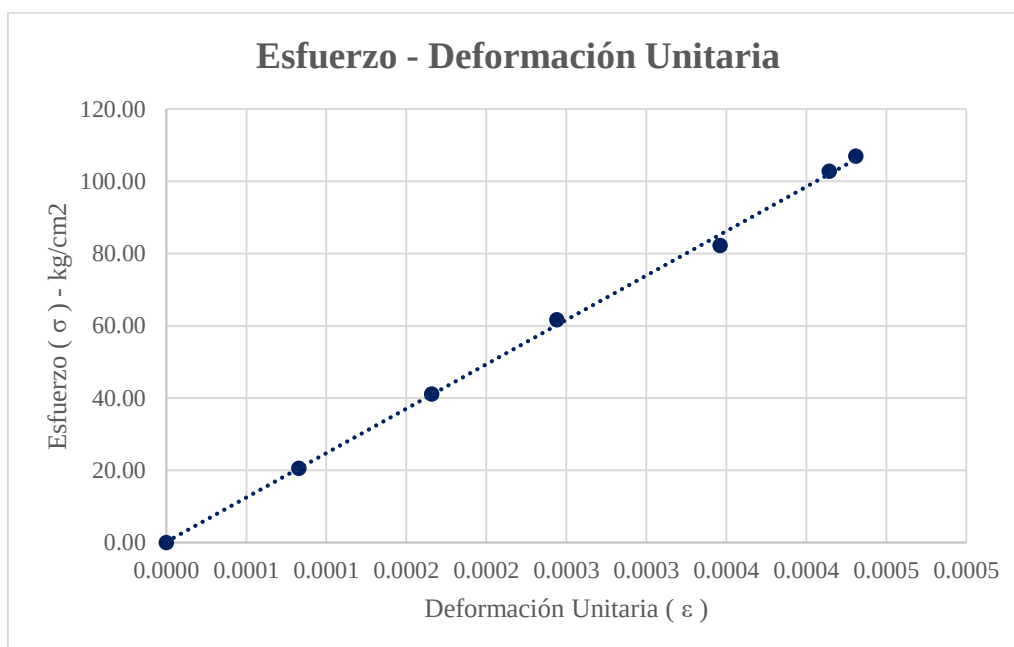
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 260633.34 kg/cm².

Tabla 76: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
36.17	0.0025	0.000083	20.56
72.33	0.0050	0.000166	41.12
108.50	0.0074	0.000244	61.68
144.66	0.0104	0.000346	82.23
180.83	0.0125	0.000414	102.79
188.06	0.0130	0.000431	106.91

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 27: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 18% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +18% M. F	28	267.26	106.91	12.40	0.000431	248001.37

Fuente: Elaboración propia

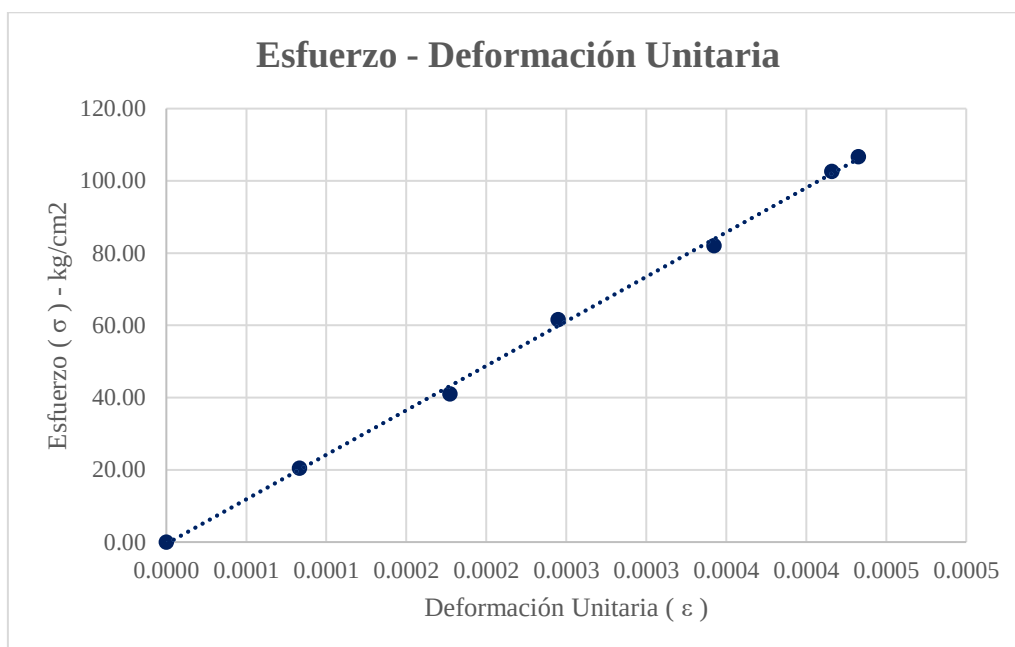
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 248001.37 kg/cm².

Tabla 78: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
36.12	0.0025	0.000083	20.53
72.24	0.0053	0.000177	41.07
108.36	0.0074	0.000245	61.60
144.49	0.0103	0.000342	82.13
180.61	0.0125	0.000416	102.67
187.83	0.0130	0.000433	106.77

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 79: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 18% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +18% M. F	28	266.93	106.77	12.34	0.000433	246732.71

Fuente: Elaboración propia

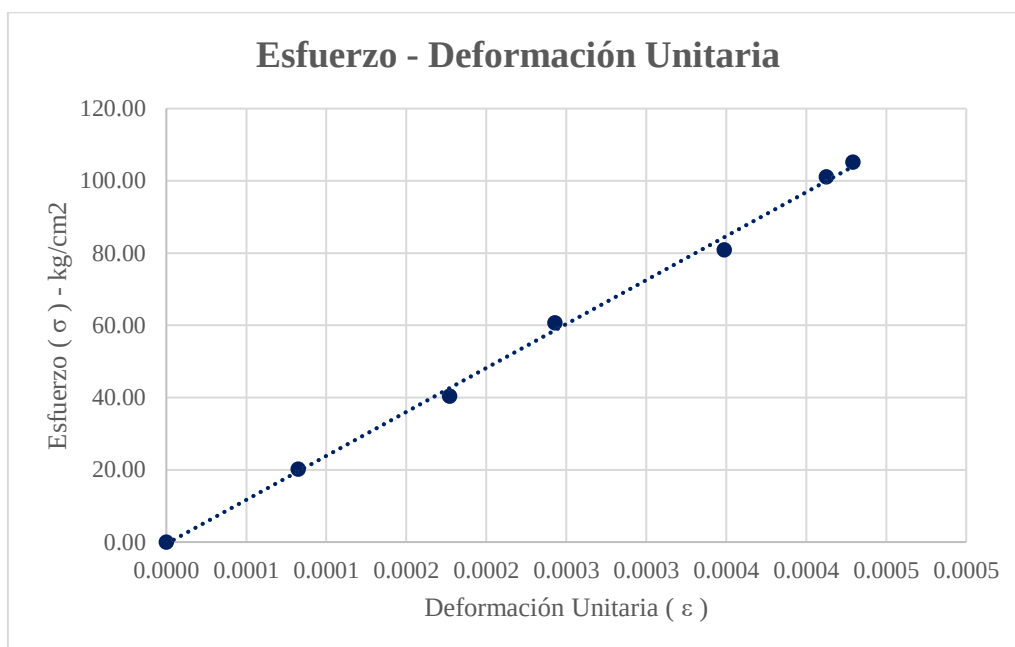
Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 246732.71 kg/cm².

Tabla 80: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino

Carga (KN)	Lectura (cm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.0000	0.000000	0.00
35.59	0.0025	0.000083	20.23
71.19	0.0053	0.000177	40.47
106.78	0.0073	0.000243	60.70
142.38	0.0105	0.000349	80.94
177.97	0.0124	0.000413	101.17
185.09	0.0129	0.000429	105.22

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 29:: Esfuerzo – Deformación unitaria / M. Patrón + 18% material fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 81: Módulo de elasticidad / M. Patrón + 18% material fino

Muestra	EDAD (días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E_c Kg/cm ²
Muestra patrón +18% M. F	28	263.04	105.22	12.26	0.000429	245143.97

Fuente: Elaboración propia

Según la muestra evaluada se determinó que el módulo de elasticidad es 245143.97 kg/cm².

Los siguientes gráficos muestran el coeficiente de Poisson obtenido para cada muestra y por cada porcentaje ensayado.

Tabla 82: Coeficiente de Poisson - M. Patrón

Muestra	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	ν
Muestra patrón	271.08	108.43	0.00043913	0.000077602	0.000009	0.177
Muestra patrón	300.15	120.06	0.00045591	0.000074145	0.000008	0.163
Muestra patrón	305.00	122.00	0.000466	0.000074093	0.000008	0.159

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83: Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 9% material fino

Muestra	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	ν
Muestra patrón + 9% M. F	318.77	127.51	0.00046927	0.000084670	0.000009	0.180
Muestra patrón + 9% M. F	320.55	128.22	0.00047507	0.000084558	0.000009	0.178
Muestra patrón + 9% M. F	314.79	125.91	0.0004667	0.000080364	0.000009	0.172

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84: Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 12% material fino

Muestra	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	ν
Muestra patrón + 12% M. F	283.29	113.32	0.00044226	0.000069568	0.000008	0.157
Muestra patrón + 12% M. F	269.37	107.75	0.00042828	0.000066708	0.000008	0.156
Muestra patrón + 12% M. F	291.31	116.53	0.00044519	0.000064090	0.000007	0.144

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 15% material fino

Muestra	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	ν
Muestra patrón + 15% M. F	273.81	109.52	0.00043619	0.000063253	0.000007	0.145
Muestra patrón + 15% M. F	263.62	105.45	0.00042767	0.000064841	0.000008	0.152
Muestra patrón + 15% M. F	290.49	116.20	0.00044582	0.000065393	0.000007	0.147

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86: Coeficiente de Poisson - M. Patrón + 18% material fino

Muestra	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	ν
Muestra patrón + 18% M. F	267.26	106.91	0.00043107	0.000061451	0.000007	0.143
Muestra patrón + 18% M. F	266.93	106.77	0.00043275	0.000062796	0.000007	0.145
Muestra patrón + 18% M. F	263.04	105.22	0.0004292	0.000063314	0.000007	0.148

Fuente: Elaboración propia

Profundidad de penetración bajo presión de agua - permeabilidad

Para el ensayo de profundidad de penetración bajo presión de agua se evaluó según la norma UNE-EN12390-8, donde se ensayaron 3 probetas por cada muestra representando tanto para el concreto patrón y el concreto con cada porcentaje de material fino. Teniendo dos lecturas por cada probeta en la cual se realiza el promedio de ambas para determinar dicha profundidad.

Tabla 87: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón

Muestra	Edad (días)	Tiempo (72 horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
				Unidad	Promedio
Muestra patrón	28	72	A	38.86	38.11
			B	38.48	
Muestra patrón	28	72	A	37.36	
			B	37.49	
Muestra patrón	28	72	A	38.21	
			B	38.25	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 9% material fino

Muestra	Edad (días)	Tiempo (72 horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
				Unidad	Promedio
Muestra patrón + 9% M. F	28	72	A	37.22	37.06
			B	37.13	
Muestra patrón + 9% M. F	28	72	A	36.27	
			B	36.49	
Muestra patrón + 9% M. F	28	72	A	37.42	
			B	37.80	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 12% material fino

Muestra	Edad (días)	Tiempo (72 horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
				Unidad	Promedio
Muestra patrón + 12% M. F	28	72	A	40.20	41.65
			B	40.02	
Muestra patrón + 12% M. F	28	72	A	41.18	
			B	41.32	
Muestra patrón + 12% M. F	28	72	A	43.26	
			B	43.93	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 15% material fino

Muestra	Edad (días)	Tiempo (72 horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
				Unidad	Promedio
Muestra patrón + 15% M. F	28	72	A	43.74	43.98
			B	43.76	
Muestra patrón + 15% M. F	28	72	A	43.82	
			B	43.22	
Muestra patrón + 15% M. F	28	72	A	44.43	
			B	44.93	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91: Penetración bajo presión de agua - M. Patrón + 18% material fino

Muestra	Edad (días)	Tiempo (72 horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)	
				Unidad	Promedio
Muestra patrón + 18% M. F	28	72	A	46.50	46.83
			B	46.64	
Muestra patrón + 18% M. F	28	72	A	46.14	
			B	46.86	
Muestra patrón + 18% M. F	28	72	A	47.03	
			B	47.78	

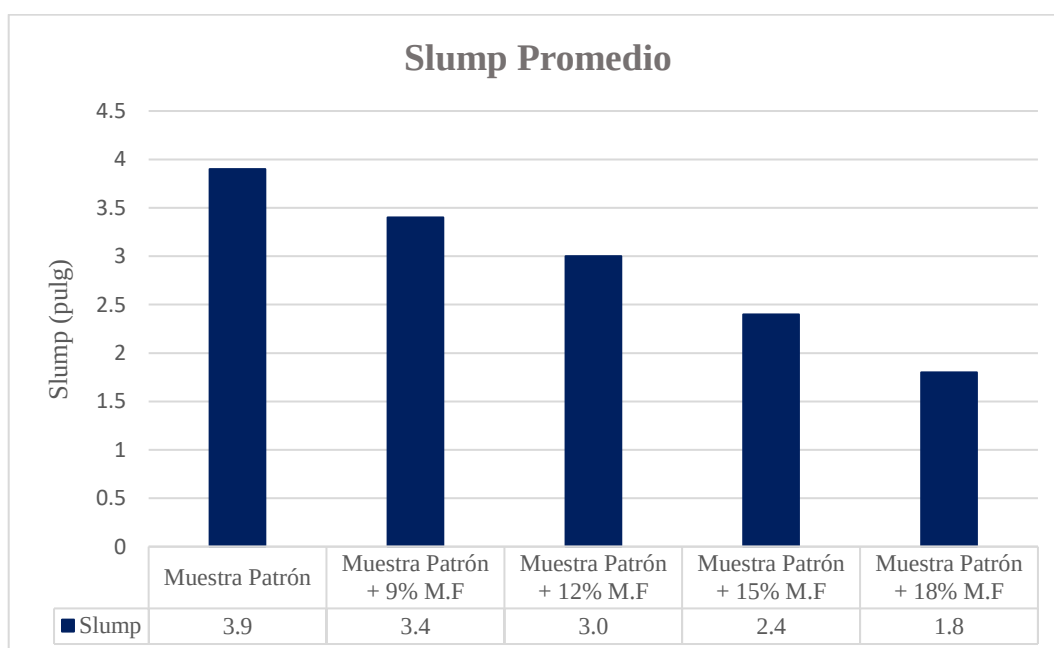
Fuente: Elaboración propia

Discusiones

Asentamiento

A continuación, presentamos el gráfico que muestra la influencia del material fino (MF) en el asentamiento del concreto. Por lo que se puede observar que el material fino si influye en el asentamiento, demostrando que a medida que se aumenta el porcentaje de adición que fueron del 9%, 12%, 15% y 18% de material fino, el asentamiento se ve aumentado. Esto indica que el material fino tiene un impacto significativo en la trabajabilidad del concreto.

Gráfico 30: Slump promedio -Muestra patrón y muestras con material fino



Fuente: Elaboración propia

Al hablar de asentamiento del concreto, se registra que para la muestra patrón se tuvo un asentamiento de 3.9", lo cual está dentro del rango que se tomó para el diseño de mezcla, teniendo una consistencia plástica. Además, debemos tener cuenta que para los porcentajes del 9% y 12% de material fino, que tienen un slump del 3.4" y 3" también están dentro de ese rango que es de 3" a 4" según lo que establece la norma; lo cual se consideran para un concreto con una consistencia plástica y trabajable. Así mismo, para el 15% y 18 % de material fino se logró una consistencia seca según los parámetros de la norma y esto es desfavorable para las propiedades del concreto.

Según el estudio en [11] detallan que para una edición del 12.5% del pasante la malla N° 200 llega a un asentamiento de 3", lo cual estaría en relación a lo obtenido en este ensayo,

solo con la diferencia que aquí se utilizó una adición del 12% de material fino. Así mismo, con el porcentaje del 15% se tuvo una disminución en un 0.7" de slump, ya que según el autor tuvo un asentamiento de 3". Por último, adicionaron el 17.5% del material pasante la malla N° 200 con un asentamiento de 2.2" en comparación a que para el 18% de material fino se logró una disminución del 0.4" en lo que se detalla.

En lo cual, se discute que a mayor porcentaje de material fino el concreto se ve afectado en su trabajabilidad lo cual no es favorable, ya que al aumentar la dosificación de agua afectara en la dosificación del cemento, para mantener la relación de a/c.

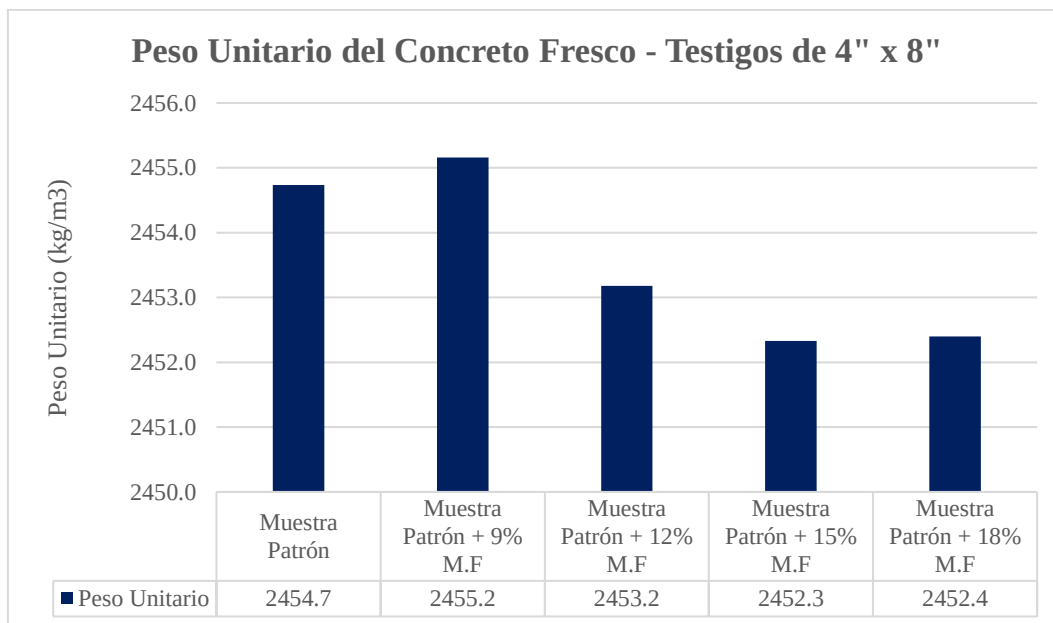
Peso unitario del concreto fresco

En relación al peso unitario del concreto de muestra patrón y con las diferentes adiciones de material fino no es tan significativa. Al agregar un 9% de material fino, el peso unitario del concreto aumenta en un 0.02%; con un 12% de adición de material fino, disminuye en un 0.06% con respecto a la muestra patrón. Así mismo, para un 15% de adición, el peso unitario del concreto disminuye en un 0.1%; por último, el 18% que disminuye en un 0.09% en comparación de la muestra inicial.

En cuanto a los resultados de los pesos unitarios están relacionados con la trabajabilidad que presente la mezcla, el concreto con un 15% y 18% de material fino mostro tener una trabajabilidad seca que resulto dificultoso realizar la compactación determinándose con una mayor cantidad de aire atrapado resultando un menor peso unitario. En comparación a un 9% y 12 % de material fino que presento una trabajabilidad plástica que facilito la compactación y reduciendo la cantidad de aire atrapado en el concreto, resultando tener un mayor peso unitario en promedio.

De los valores obtenidos se determinan que estos están dentro de lo limites recomendados para el concreto, según [19] que sería para un concreto normal entre 2000 y 2500 kg/m³; por lo tanto, el material fino no se ve afectado negativamente en la densidad del concreto.

Gráfico 31: Comparación de resultados del ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco

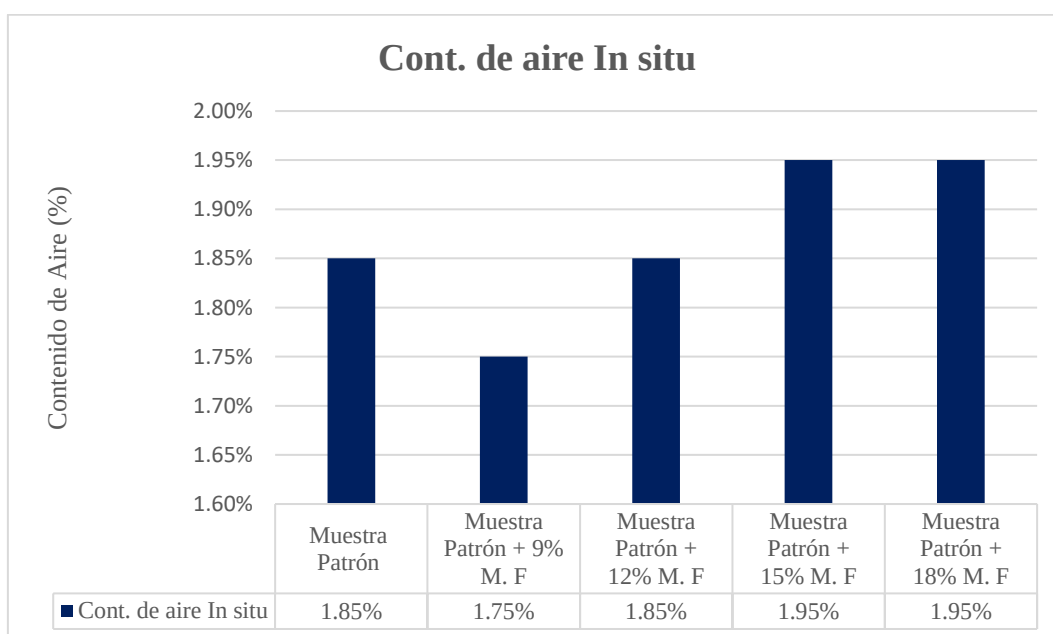


Fuente: Elaboración propia

Contenido de aire del concreto

Para el ensayo de contenido de aire se denota que para el concreto patrón se obtuvo 1.85% de contenido de aire y una reducción con la adición del 9% de material fino teniendo un 1.75%. Así mismo, un mismo porcentaje respecto al patrón con un 12% de material fino, lo cual fue de 1.85% de contenido de aire. Además, para los porcentajes de 15% y 18% de material fino se tuvo un 1.95% de contenido de aire en el concreto convencional.

Gráfico 32: Cont. de aire del concreto n situ



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente grafico se visualiza que los resultados del contenido de aire que han tenido cierto aumento con respecto a la muestra patrón a diferencia del 9% de material fino que disminuyo, sin embargo, están en relación al porcentaje para el cual se realizó el diseño de mezcla, que fue para un diseño con 2%.

Según su estudio [12], nos menciona que utilizando agregados muy finos su contenido de aire se vera aumentado y esto lo relaciona con la consistencia que tiene la mezcla. Por tanto, estoy de acuerdo con lo mencionado ya que la trabajabilidad de la mezcla está en relación al porcentaje de material fino, pudiendo verificar que al añadir mayor porcentaje de material fino se tuvo un aumento en el contenido de aire.

Resistencia a la compresión

En la tabla 46, se observan todas las resistencias que se obtuvieron con los diferentes porcentajes de material fino en una serie de días en las que se ensayó para determinar su resistencia.

Tabla 92: Resultados de resistencia a la compresión - $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Muestra	3 días	7 días	14 días	21 días	28 días	56 días	90 días
M. Patrón	180	242	279	296	311	316	319
M. Patrón + 9% M.F	182	245	279	297	313	320	327
Muestra Patrón + 12% M.F	168	236	272	283	294	295	304
Muestra Patrón + 15% M.F	163	227	265	278	284	291	296
Muestra Patrón + 18% M.F	138	209	241	252	265	278	283

Fuente: Elaboración propia

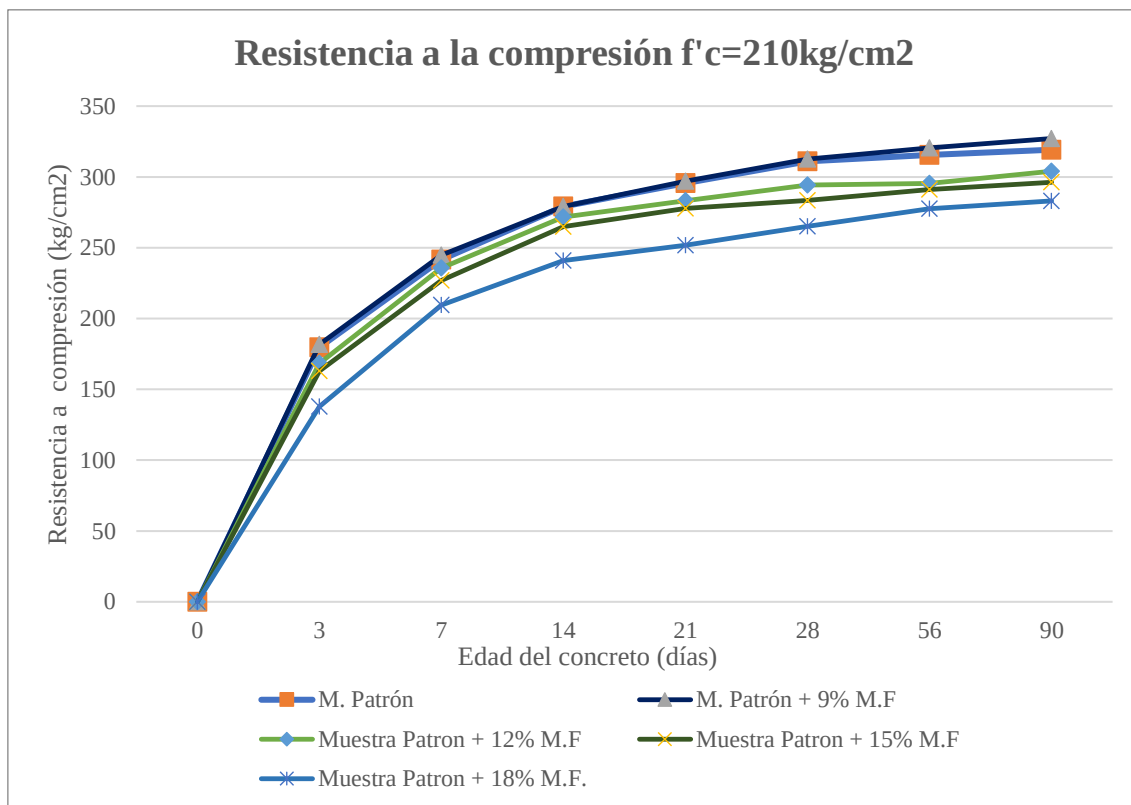
Con los datos que se obtuvieron anteriormente, se muestra que el concreto patrón alcanzo un f'_c de 310.9 kg/cm² a la edad de 28 días, y con un f'_c de 319.2 kg/cm² a los 90 días, representando un 152% de resistencia final. Considerando que en los primeros 28 días de edad el concreto se ha visto aumentado en gran magnitud debido al proceso de hidratación del cemento y por el proceso de curado del mismo, por lo que en las siguientes edades la resistencia del concreto es más gradual, dado que la hidratación del cemento continua, pero está en un paso más lento.

Dentro de los porcentajes que se adiciono de material fino, se tuvo al de mayor resistencia de acuerdo a la muestra patrón es con la adición del 9% material fino, teniendo como resultado de 312.7 kg/cm² en los 28 días y una resistencia de 327.1 kg/cm² a los 90 días, en lo que representa un 156% de la resistencia en lo que se determina que mejoro en un 4% con respecto a la resistencia de diseño de muestra patrón. Así mismo, según [41], evidencia que con una adición del 10% de material fino que pasa el tamiz N°200, tuvo un aumento de resistencia moderada con respecto a la resistencia para un concreto de 210 kg/cm². Además, se puede constatar que si es favorable en añadir mayor porcentaje de material fino a lo que establece la norma.

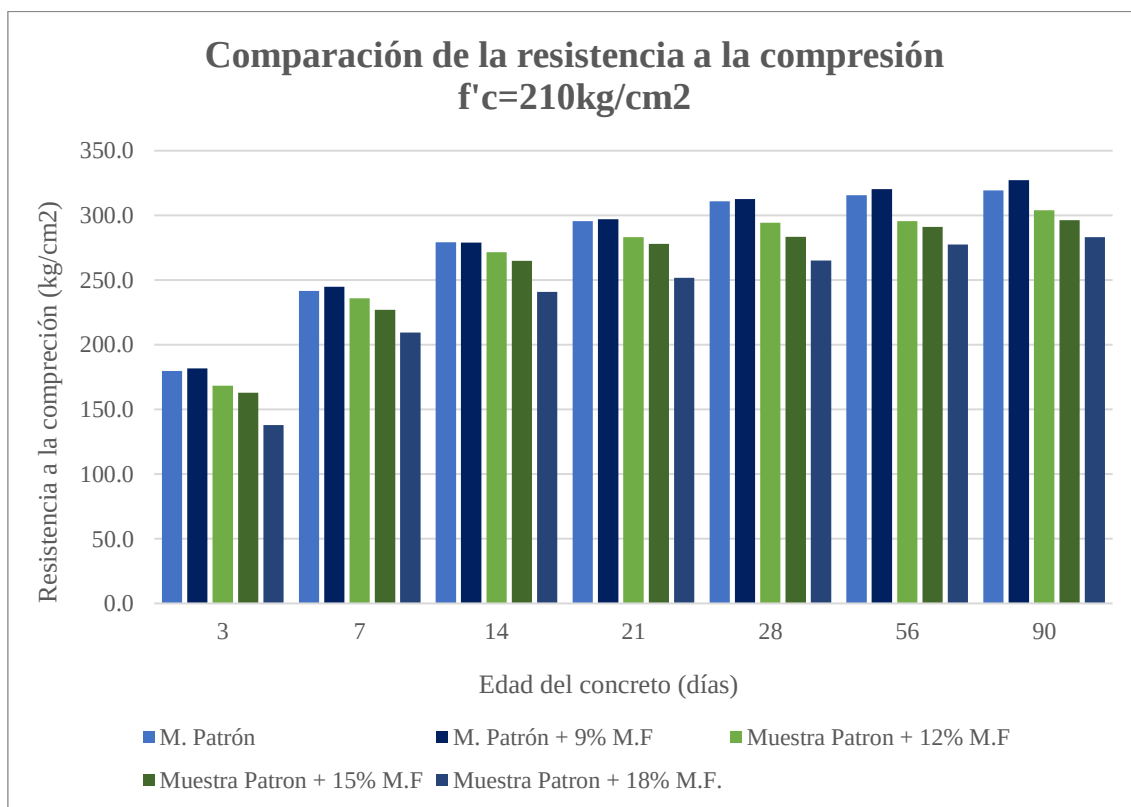
Evaluando en [11], determinan que en todas sus adiciones hasta un 17.5% de material pasante la malla#200 existe un aumento de resistencia respecto al concreto patrón, lo cual mencionan que mientras exista una misma proporción de agua/cemento su resistencia se ha visto favorable. Sin embargo, según los resultados se puede afirmar de lo anterior que manteniendo la relación a/c la resistencia es eficiente, pero hasta un 9% de material fino por lo que para los demás porcentajes se ha visto una disminución no tan considerable.

Según el estudio [9], nos menciona que, enfatizando sobre el control bueno, seguido en el diseño de mezcla y un buen curado la resistencia se vio aumentada a los 100 días de curado continuó teniendo un 12% de material pasante la malla #200; a diferencia de mi estudio es que se llegó a los 28 días de curado y los 90 días de edad por lo que diría que a mayor curado habrá mayor resistencia.

A continuación, se muestran los gráficos en los que se representan las resistencias de todos los porcentajes adicionados del 9%, 12%, 15%, 18% de material fino y la de muestra patrón, teniendo en cuenta para todas las edades en las que se evaluó. Así mismo, se observa un gráfico de barras en la que tiene una mejor visualización de cuál es el porcentaje que tuvo mayor influencia respecto a las otras resistencias. Además, es importante recalcar que, si se puede adicionar mayor porcentaje de material fino, ya que la resistencia cumple con los requerimientos del f'_c 210 kg/cm².

Gráfico 33: Comparación de los resultados de la resistencia a la compresión de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ 

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 34: Comparación en días de la resistencia a la compresión de $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$ 

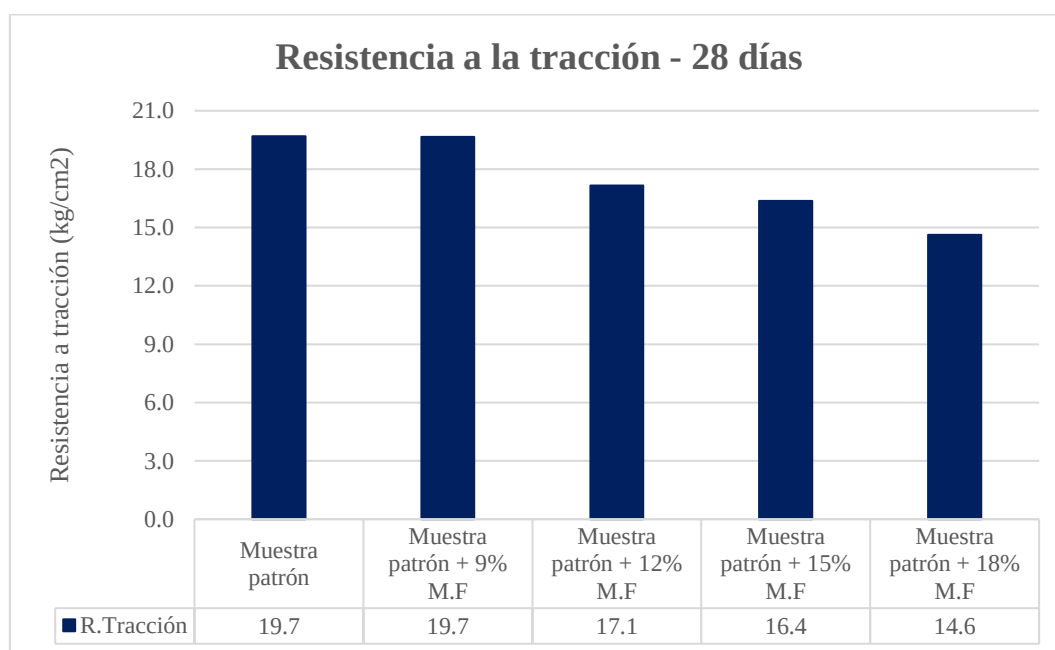
Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la tracción indirecta

Mediante el presente grafico se puede observar la comparación que existe entre la resistencia a tracción indirecta para un concreto 210 kg/cm², observándose que cuando el agregado fino tenga un 9% de material fino la resistencia a tracción a resultado la misma que la muestra patrón, cumpliendo con un 19.7 kg/cm².

Además, al determinar la resistencia a tracción con un 12% de material fino, este llega a un 17.1 kg/cm², teniendo una reducción con respecto al diseño de muestra patrón y una diferencia del 2.6 kg/cm²; al adicionar un 15% llega a una resistencia del 16.4 kg/cm² y por último el 18% que si muestra una diferencia notable de 5.1%, por lo que este porcentaje tuvo una resistencia de 14.6kg/cm².

Gráfico 35: Comparación de la muestra patrón vs porcentajes de material fino



Fuente: Elaboración propia

Expansión de longitud de vigas de concreto expuestos a sulfato de sodio

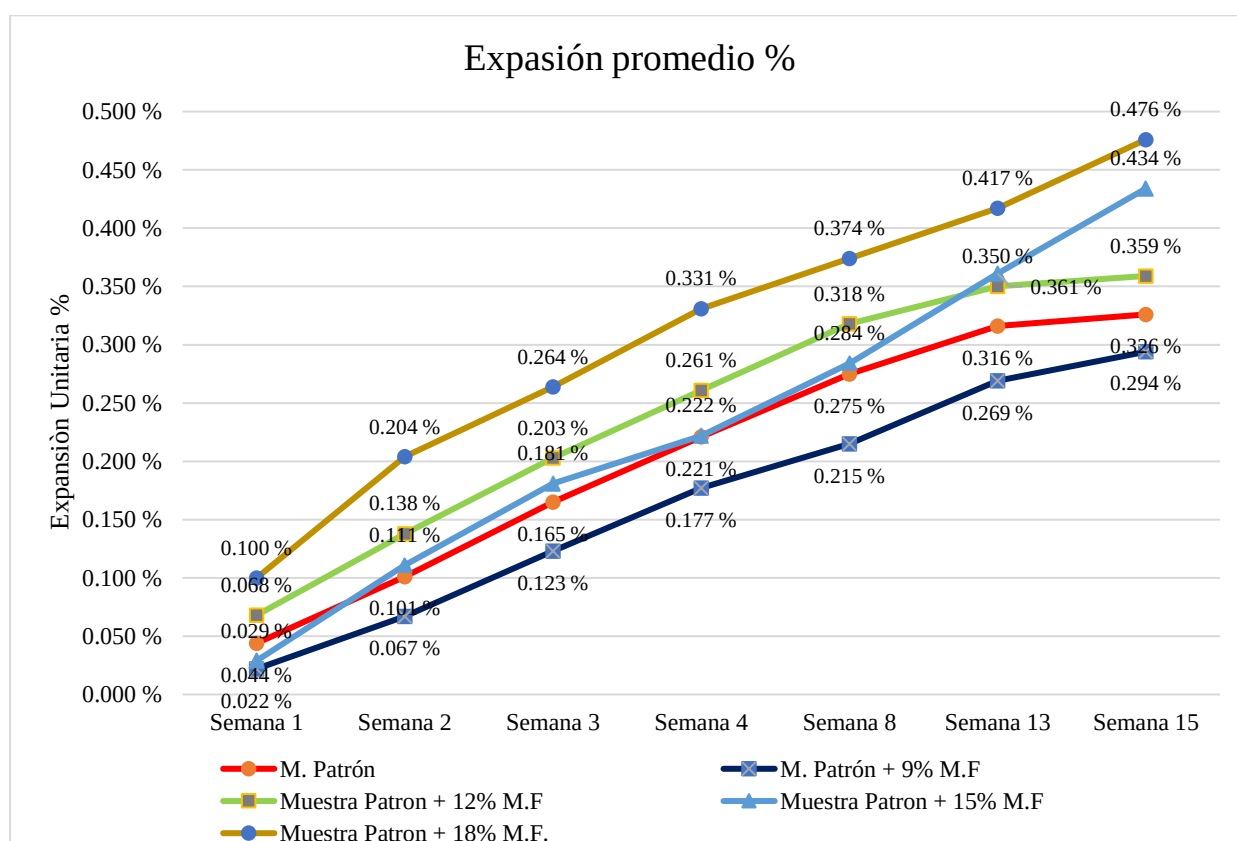
Se presenta los resultados obtenidos de la expansión promedio en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio, en la cual se han tomado lecturas en 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas. Como se observa existe una expansión significativa del 18% de material fino en referencia a la muestra patrón; a comparación de los otros porcentajes que sus valores se mantienen en variaciones no exageradas.

Tabla 93: Expansión promedio en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio - 210kg/cm².

Muestra	ΔL (días)						
	7 días	14 días	21 días	28 días	56 días	91 días	105 días
M. Patrón	0.044 %	0.101 %	0.165 %	0.221 %	0.275 %	0.316 %	0.326 %
M. Patrón + 9% M.F	0.022 %	0.067 %	0.123 %	0.177 %	0.215 %	0.269 %	0.294 %
Muestra Patrón + 12% M.F	0.068 %	0.138 %	0.203 %	0.261 %	0.318 %	0.350 %	0.359 %
Muestra Patrón + 15% M.F	0.029 %	0.111 %	0.181 %	0.222 %	0.284 %	0.361 %	0.434 %
Muestra Patrón + 18% M.F	0.100 %	0.204 %	0.264 %	0.331 %	0.374 %	0.417 %	0.476 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 36: Expansión promedio de vigas de concreto.



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior se puede visualizar que la expansión longitudinal de muestras con adición del 9% de material fino se encuentra por un nivel inferior a lo que presenta el concreto patrón, esto representa que al adicionar material fino ha tenido una menor expansión al ser

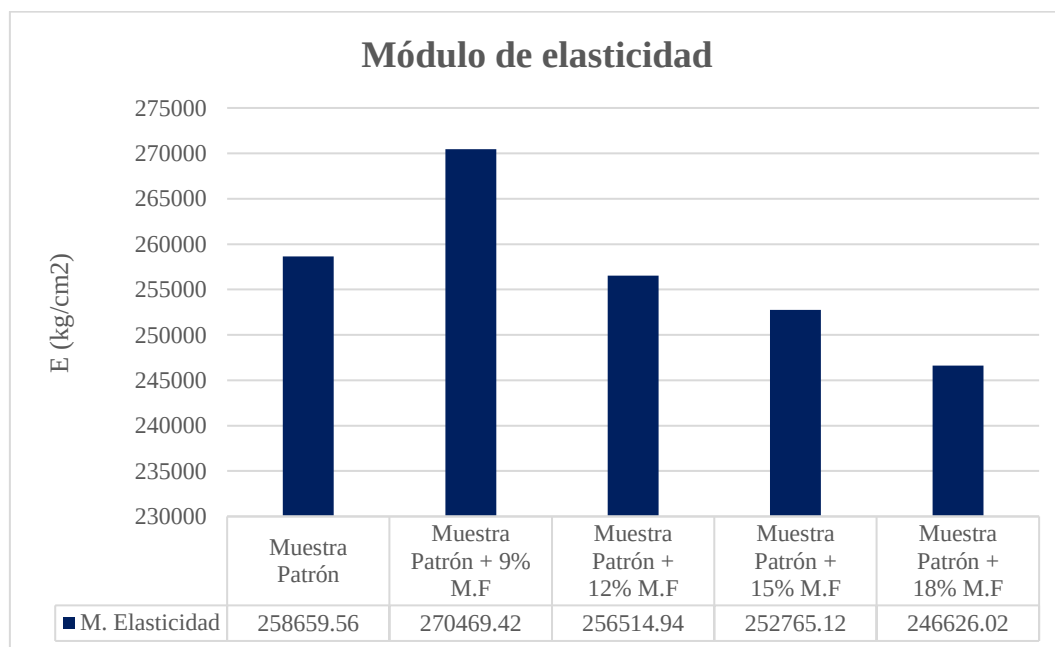
expuestas a sulfato de sodio; teniendo un 0.294% de expansión en la última semana. Así mismo, para el concreto de muestra patrón se llegó 0.326% de expansión en semana 15, lo cual representan una diferencia no tan significativa.

Con respecto al 18% de material fino si se ha visto afectado en mayor porcentaje, teniendo un 0.476% de expansión en la última semana lo que se ha encontrado con una diferencia del 0.15% con respecto al diseño de muestra patrón. Además, para el 15% de material fino se ha visto parecido al diseño de muestra patrón en cuanto a resultados, teniendo una diferencia no tan significativa en las primeras semanas a diferencia de la última semana que se si se vio afectado en 0.434% de expansión teniendo una diferencia de 0.108% con respecto a la muestra patrón de diseño.

Módulo de elasticidad del concreto

Mediante el ensayo de módulo de elasticidad del concreto se realizaron muestra de diseño patrón y con los diferentes porcentajes de material fino para ser ensayadas. Además, es importante reconocer que el módulo de elasticidad teóricamente se determina por $15000\sqrt{f'_c}$.

Gráfico 37: Promedio del módulo de elasticidad del concreto



Fuente: Elaboración propia

Se realizó un concreto con $f'_c=210$ kg/cm², en la cual podemos observar que al añadir un 9%, 12%, 15% y 18% de material fino cumplen con el módulo de elasticidad teórico. Además, la muestra patrón con adición del 9% de material fino tiene un módulo de elasticidad

promedio de 270469.42 kg/cm², en lo que se visualiza siendo el porcentaje que supero a la muestra patrón, lo que significa que logro soportar más deformaciones teniendo un esfuerzo mayor.

De lo anterior se puede verificar lo que menciona [42], que al no variar la relación agua/cemento, a pesar de que el agregado fino tenga mayor porcentaje de finos los resultados de módulo de elasticidad serán semejantes.

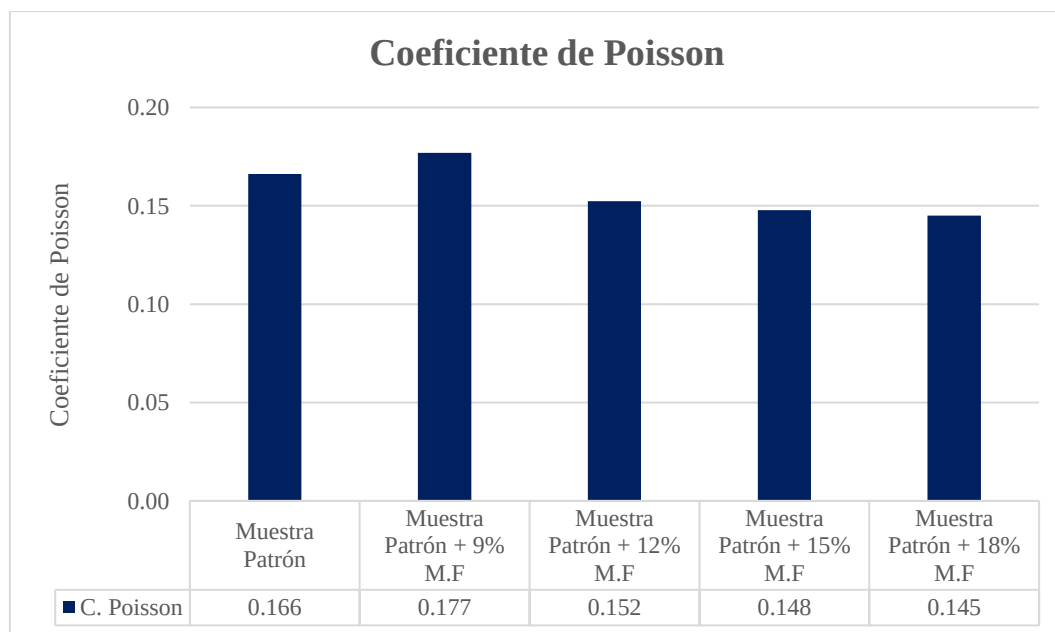
El módulo de elasticidad de la muestra patrón con adición del 12% y 15% de material fino se encuentran en un rango aproximado para la muestra patrón, está teniendo un módulo de elasticidad de 258659.56 kg/cm². Así mismo, para el 18% de material fino se ha tenido una disminución, pero al comparar con el módulo de elasticidad teórico es superior.

En la investigación de [11], menciona que su módulo de elasticidad con respecto a un 12.5% de material pasante la malla #200, tiene al porcentaje con mayor incidencia con respecto al módulo de elasticidad, mientras que en esta aplicación el 9% de material fino influye favorablemente en un 4.56%.

Coefficiente de Poisson del concreto

Según el desarrollo para el ensayo de coeficiente de Poisson se logró determinar los datos promedios que se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico 38:Promedio del coeficiente de Poisson del concreto



Fuente: Elaboración propia

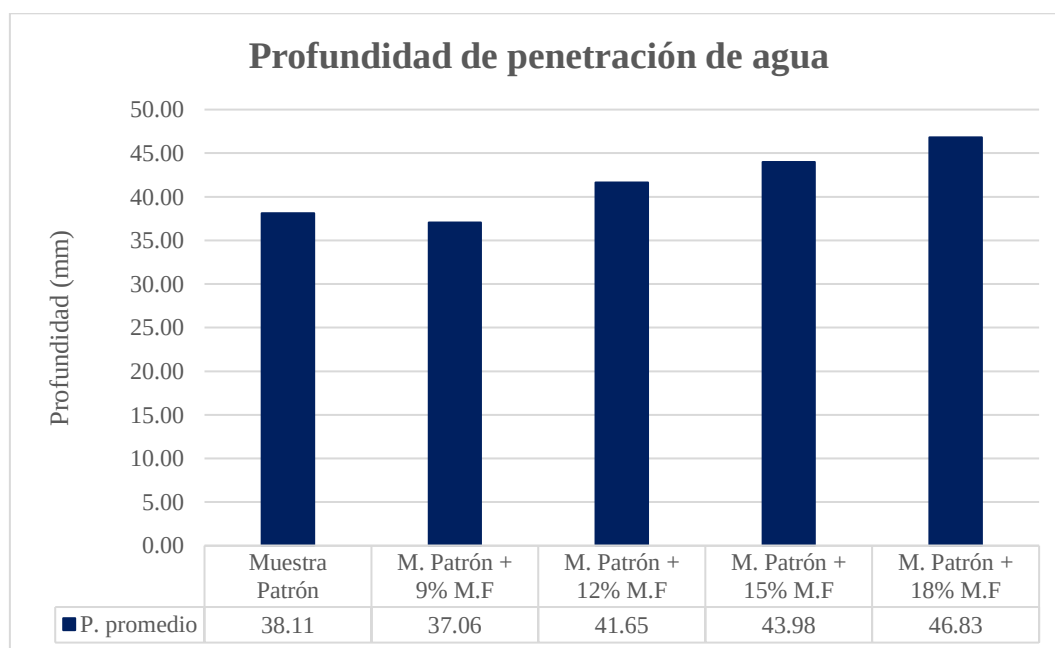
Dados los resultados se tiene que para la muestra patrón se tuvo un 0.166 respecto al coeficiente de Poisson, y para un 9% de material fino se logró un 0.176, lo cual supero al concreto patrón aumentando la capacidad de deformación diametralmente en cuanto el esfuerzo se incrementa.

Para un 12% de material fino se logró un 0.152, para un 15% llegó a 0.148 y finalmente para el 18% un 0.145 de coeficiente de Poisson. Según lo que menciona [11], para el valor del coeficiente de Poisson debería estar entre 0.11 y 0.21. Determinado que con los resultados obtenidos estarían dentro de este parámetro, por tanto, se puede decir que al adicionar material fino no resulta afectado el coeficiente de Poisson.

Profundidad de penetración bajo presión de agua – permeabilidad

De acuerdo al desarrollo del ensayo de profundidad de penetración bajo presión de agua, se determinó dichos promedios en los que se muestras en el siguiente grafico:

Gráfico 39: Promedio de profundidad de agua



Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos para este ensayo podemos determinar que el concreto patrón llega a tener una profundidad de agua del 38.11 mm; así mismo, teniendo un concreto con un 9%de material fino logra tener un promedio de profundidad de agua del 37.06

mm, lo cual se puede determinar que el material fino ha tenido un buen comportamiento en el concreto, es decir, que en los posibles poros que haya generado el concreto patrón han sido cubiertos por el material fino, logrando tener menos vacíos y por ende se logre menor profundidad de agua en el concreto.

Respecto a los demás porcentajes si se ha visto afectado en cierta magnitud, debido a que esta profundidad de agua ha llegado a los 41.65 mm, 43.98 mm y 46.83 mm cuando se ha tenido agregados finos con porcentajes de 12%, 15% y 18%. De acuerdo a estos resultados la profundidad de agua ha sido mayor, pero cabe recalcar que, si está dentro de los parámetros mínimo que determina la norma, teniendo como profundidad de agua máxima los 50mm, por ende, se puede decir que el concreto es viable a utilizarlo, pero haciendo comparación con el concreto del 9% que es más resistente.

Evaluación económica

La evaluación económica del concreto patrón y del concreto con diferentes porcentajes de material fino (9%, 12%, 15% y 18%) se realizó en base a los procesos y materiales utilizados en esta investigación. El rendimiento y la conformación de las cuadrillas se tomaron como referencia de un proyecto de obra ejecutado en la región. En cuanto a los precios de los materiales, se consideraron los costos reales de adquisición empleados para la elaboración de las muestras del estudio, lo cual para el análisis de costos unitarios se calcularon para 1m³ de concreto convencional, tanto para la muestra patrón y los diferentes porcentajes de MF que se propuso en la investigación.

El material fino se obtuvo del mismo tipo de agregado fino utilizado, por lo que fue necesario un proceso específico para su extracción, lo que permitió determinar un precio individual para este componente. Obteniéndose una partida donde se realizó el análisis de costo unitario para dicha extracción de MF. Asimismo, en cuanto a la selección de equipos y herramientas también se basó en un proyecto regional previo ya ejecutado, y sus precios unitarios de mano de obra se determinaron conforme a la tabla salarial vigente de construcción civil.

Evaluando el análisis de costos unitarios de las partidas donde se añaden los diferentes porcentajes de MF, estas resultan tener un mayor costo en comparación a la muestra patrón. Esto es debido al costo que se obtuvo para la extracción del MF, ya que se realizó de forma manual. Cabe indicar que estos agregados con mayor porcentaje de MF se pueden encontrar en

algunas canteras, y con un costo mucho menor debido a que son rechazadas según lo que especifica la norma NTP 400.037, por lo que se determina según esta investigación que si se pueden hacer uso de estas y a su vez generar menor costo en la partida de ejecución.

A continuación, se presenta el análisis económico de la extracción de MF, del concreto convencional para la muestra patrón y los diferentes porcentajes de MF a los que se evaluó en esta investigación, para un concreto 210kg/cm².

Tabla 94: Análisis de costo unitario – Extracción del MF

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	Extracción del material fino					
RENDIMIENTO:	20	kg/día				
CUADRILLA:	0.5 operarios + 1 peones					
				m3	Total S/.	563.55
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						10.65
Operario	hh	0.50	0.2000	21.93	4.39	
Peón	hh	1.00	0.4000	15.65	6.26	
MATERIALES						552.45
Agregado grueso	m3		10.000	55.00	550.00	
Agua	m3		0.4000	6.13	2.45	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.45
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	10.65	0.32	
Alquiler de tamiz	und		1.0000	13.00	0.13	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	Concreto convencional f'c=210 kg/cm²					
RENDIMIENTO:	16	m3/día				
CUADRILLA:	2 operarios + 2 oficiales + 8 peones					
					Total S/.	499.36
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						101.81
Operario	hh	2.00	1.0000	21.93	21.93	
Oficial	hh	2.00	1.0000	17.28	17.28	
Peón	hh	8.00	4.0000	15.65	62.60	
MATERIALES						388.46
Cemento tipo I (42.5 kg)	bls		10.2788	30.20	310.42	
Arena gruesa	m3		0.4857	55.00	26.71	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.7664	65.00	49.82	
Agua	m3		0.2466	6.13	1.51	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						9.09
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	101.81	3.05	
Mezcladora de concreto 11 p.	hm	1.00	0.5000	4.48	2.24	
Vibrador Ø2" - 4 HP	hm	1.00	0.5000	7.59	3.80	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 9%MF)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	Concreto convencional f'c=210 kg/cm2					
RENDIMIENTO:	16	m3/día				
CUADRILLA:	2 operarios + 2 oficiales + 8 peones					
					Total S/.	511.79
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						101.81
Operario	hh	2.00	1.0000	21.93	21.93	
Oficial	hh	2.00	1.0000	17.28	17.28	
Peón	hh	8.00	4.0000	15.65	62.60	
MATERIALES						402.10
Cemento tipo I (42.5 kg)	bls		10.2387	30.20	309.21	
Arena gruesa	m3		0.4611	55.00	25.36	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.7634	65.00	49.62	
Agua	m3		0.2456	6.13	1.51	
Material fino	m3		0.0291	563.55	16.40	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.88
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	101.81	3.05	
Mezcladora de concreto 11 p	hm	1.00	0.4000	4.48	1.79	
Vibrador Ø2"- 4 HP	hm	1.00	0.4000	7.59	3.04	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 12%MF)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	Concreto convencional f'c=210 kg/cm2					
RENDIMIENTO:	16	m3/día				
CUADRILLA:	2 operarios + 2 oficiales + 8 peones					
					Total S/.	520.48
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						101.81
Operario	hh	2.00	1.0000	21.93	21.93	
Oficial	hh	2.00	1.0000	17.28	17.28	
Peón	hh	8.00	4.0000	15.65	62.60	
MATERIALES						410.79
Cemento tipo I (42.5 kg)	bls		10.2025	30.20	308.12	
Arena gruesa	m3		0.4443	55.00	24.44	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.7607	65.00	49.45	
Agua	m3		0.2447	6.13	1.50	
Material fino	m3		0.0484	563.55	27.28	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.88
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	101.81	3.05	
Mezcladora de concreto 11 p	hm	1.00	0.4000	4.48	1.79	
Vibrador Ø2"- 4 HP	hm	1.00	0.4000	7.59	3.04	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 15%MF)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	Concreto convencional f'c=210 kg/cm2					
RENDIMIENTO:	16	m3/día				
CUADRILLA:	2 operarios + 2 oficiales + 8 peones					
					Total S/.	529.42
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						101.81
Operario	hh	2.00	1.0000	21.93	21.93	
Oficial	hh	2.00	1.0000	17.28	17.28	
Peón	hh	8.00	4.0000	15.65	62.60	
MATERIALES						419.73
Cemento tipo I (42.5 kg)	bls		10.1747	30.20	307.28	
Arena gruesa	m3		0.4280	55.00	23.54	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.7586	65.00	49.31	
Agua	m3		0.2441	6.13	1.50	
Material fino	m3		0.0676	563.55	38.10	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.88
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	101.81	3.05	
Mezcladora de concreto 11 p	hm	1.00	0.4000	4.48	1.79	
Vibrador Ø2"- 4 HP	hm	1.00	0.4000	7.59	3.04	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99: Análisis de costo unitario – Concreto convencional (Muestra patrón + 18%MF)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	Concreto convencional f'c=210 kg/cm2					
RENDIMIENTO:	16	m3/día				
CUADRILLA:	2 operarios + 2 oficiales + 8 peones					
					Total S/.	538.30
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						101.81
Operario	hh	2.00	1.0000	21.93	21.93	
Oficial	hh	2.00	1.0000	17.28	17.28	
Peón	hh	8.00	4.0000	15.65	62.60	
MATERIALES						428.61
Cemento tipo I (42.5 kg)	bls		10.147	30.20	306.44	
Arena gruesa	m3		0.4117	55.00	22.64	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.7566	65.00	49.18	
Agua	m3		0.2434	6.13	1.49	
Material fino	m3		0.0867	563.55	48.86	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						7.88
Desgaste de herramientas	% MO		3.0000	101.81	3.05	
Mezcladora de concreto 11 p.	hm	1.00	0.4000	4.48	1.79	
Vibrador Ø2"- 4 HP	hm	1.00	0.4000	7.59	3.04	

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La norma utilizada para el diseño de mezcla fue ACI 211 en concretos convencionales, siguiendo los requisitos de la norma se estableció el diseño para un f'_c 210 kg/cm² y se determinó una relación agua/cemento de 0.557 en la que se mantiene para todas las muestras. Además, para realizar el diseño es necesario hacer ensayos a los agregados a utilizar, por tanto, se empleó agregados procedentes de la cantera Tres Tomas - Ferreñafe (agregado grueso y agregado fino). El cemento utilizado fue de tipo I y el material fino se obtuvo del mismo agregado fino en la que se tuvo que tamizar por el método de lavado y obtener dicho material.

El material fino se añadió al agregado fino en relación al volumen del mismo, este en porcentajes del 9%, 12%, 15% y 18% de material fino, sin modificar la relación agua/cemento. Considerando a la Norma Española: EHE-08 (Instrucción del hormigón estructural).

En cuanto a las propiedades del concreto fresco: al determinar el asentamiento este se ve influenciado ya que a medida que se incrementaba el porcentaje de material fino el asentamiento disminuye, haciendo al concreto menos trabajable. Se observó que el 9% y 12% de material fino tuvo una disminución no tan significativa y logrando un concreto con una trabajabilidad plástica que a comparación de los demás porcentajes la trabajabilidad se determinó como seca.

Para el ensayo de peso unitario del concreto no hubo una gran variación respecto al concreto patrón en comparación con los diferentes porcentajes. El concreto con un 9% de material fino aumento en un mínimo de porcentaje con respecto a la muestra patrón; los valores obtenidos se determinaron que están dentro de los parámetros recomendados para el concreto, por lo tanto, el material fino no se ve afectado negativamente en la densidad del concreto.

Al evaluar el ensayo de contenido de aire se observa que para el 9% de material fino disminuyo en un 0.10% respecto a la muestra patrón, lo cual se puede verificar que el material fino cubrió los poros de aire; y con respecto a los mayores porcentajes que si el contenido de aire ha aumentado y esto está en relación a la consistencia que tiene la mezcla. Sin embargo, están en relación al porcentaje para el cual se realizó el diseño de mezcla, que fue para un 2%.

En relación al ensayo de temperatura, las muestras fueron elaboradas en las mismas condiciones ambientales, por tanto, dicha temperatura no es tan diferencial en todas las muestras y están dentro del rango que establece la norma, menor a 30°C.

Las propiedades del concreto endurecido: la resistencia a la compresión del concreto se ve aumentada en los 3, 7, 14, 21, 28, 56 y 90 días de edad con respecto al diseño de mezcla que se desarrolló siendo un $f'c$ 210kg/cm², lo cual se superó dicha resistencia. Siendo, la muestra patrón con una adición del 9% de material fino, es el porcentaje que mejores propiedades y mayor resistencia presento con respecto al diseño de mezcla patrón. Así mismo, podemos mencionar que con los porcentajes de 12% y 15% hubo una disminución no tan significativa a comparación del 18% que si la resistencia bajo aún más, pero estas superando a la resistencia de diseño.

Al verificar la resistencia a la tracción del concreto patrón y con la adición del 9% de material fino, se logró una misma resistencia. Cabe indicar con respecto a los demás porcentajes la resistencia ha disminuido, para un 12%, 15% y 18% de material fino se tuvo una disminución del 13.2%, 16.8% y 25.9% con respecto a la resistencia de muestra patrón.

Para el ensayo de cambios de longitud en vigas de concreto expuestas a solución de sulfato de sodio se puede visualizar que la expansión longitudinal de muestras con adición del 9% de material fino se encuentra por un nivel inferior a lo que establece la norma, esto representa que al adicionar material fino ha tenido una menor expansión al ser expuestas a sulfato de sodio, teniendo un 0.294% de expansión en la última semana.

Al evaluar el ensayo de módulo de elasticidad se obtiene que la muestra patrón con adición del 9% de material fino a resultado favorable teniendo un 270469.42 kg/cm² con respecto a la muestra patrón y siendo 4.56% mayor, en los otros porcentajes la disminución ha sido no tan significativa, logrando para un 12%, 15% y 18% de material fino tener una disminución de 0.83%, 2.28% y 4.65% con respecto a la resistencia patrón. Además, al verificar el coeficiente de Poisson, observamos que cumple con los parámetros, logrando estar en un intervalo entre 0.14 y 0.17.

De acuerdo al ensayo de penetración de profundidad de agua bajo presión, los resultados obtenidos son que teniendo un agregado fino con un 9% de material fino ah resultado eficiente

logrando tener una profundidad de 37.06 mm en comparación al concreto patrón que resulta con 38.11 mm de profundidad de agua, lo cual la diferencia no es tan significativa. Respecto a los otros porcentajes si se ha visto aumentada la profundidad de agua, pero estando dentro de los límites máximos establecidos por la norma, lo cual se puede decir que es un concreto viable y podría ser utilizado.

La evaluación económica se realizó con respecto a la extracción del MF, del concreto convencional para la muestra patrón y los diferentes porcentajes de MF; obteniéndose un mayor costo a la de muestra patrón, debido al costo de la extracción propia del MF. Cabe indicar que esos precios son en referencia a lo que se gasto en la investigación, ya que en obra no se tendría que realizar ello, debido a que se pueden encontrar agregados con porcentajes mayores a lo que indica la norma NTP 400.037, y con costos menores. Siendo que la extracción fue parte de la investigación para hacer determinar la veracidad del tener un porcentaje mayor a lo que la norma indica.

Finalmente, se logró determinar la efectividad del concreto convencional que teniendo el agregado fino un 9% de material fino (pasante la malla N°200) ha sido muy eficiente, logrando tener un comportamiento similar a la muestra patrón ya que no afecto considerablemente en sus propiedades tanto en estado fresco y estado endurecido. Además de lograr una resistencia superior, lo cual se considera el porcentaje optimo en dicha investigación y logrando determinar que si se puede hacer uso de un mayor porcentaje a lo que especifica la norma 400.037. Cabe resaltar que en comparación a los demás porcentajes adicionados se concluye que no resulta favorable utilizar agregados finos con grandes porcentajes de material fino, ya que, si afecta en sus propiedades del concreto, pero con una diferencia no tan significativa, con respecto a la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad que superaron el valor de diseño estándar al que se evaluó.

Recomendaciones

Se recomienda principalmente realizar un adecuado estudio a los agregados ya que de ello dependerá el diseño de mezcla ACI-211, además debemos reconocer que se deben almacenar en un lugar adecuado.

Se recomienda para futuras investigaciones ampliar el muestreo y poder sustentar con mayor confiabilidad, ya que para un concreto donde su agregado fino tenga un 9% de material fino no se encontró ninguna alteración de resistencia y por tanto ratificar lo indicado.

Se sugiere ampliar el muestreo paulatinamente utilizando agregados provenientes de diferentes canteras o regiones, con el fin de validar los resultados obtenidos y sustentar una posible modificación de la normativa Norma Técnica Peruana 400.037 en la parte del porcentaje como máximo del pasante la malla N°200. Fundamentándose en los resultados favorables alcanzados en la presente investigación, los cuales indican que el agregado fino con hasta un 9% de material fino no afecta negativamente el desempeño del concreto.

Se recomienda para futuras investigaciones evaluar para porcentajes mayores al 9% de material fino y menores del 12% de material fino, logrando obtener un rango más preciso y confiable.

Referencias

- [1] H. M. Huapalla García and W. D. Fonseca Alvarado, “Propuesta de utilización de estructuras prefabricadas en concreto armado para la construcción de edificios multifamiliares,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2020.
- [2] Hugo David Aguirre Castañeda and Carlos Alonso Vásquez Lazo, “Mercado de materiales para construcción crecería 5.3%,” *El Peruano*, Lima, Jun. 07, 2016. Accessed: May 18, 2023. [Online]. Available: <https://elperuano.pe/noticia/41666-mercado-de-materiales-para-construccion-creceria-53>
- [3] Padilla Rodríguez Alejandro, “Materiales Básicos”.
- [4] Garavito Isaza Eduardo, “Pasa tamiz 200 y desempeño en el concreto,” *Grupo Argos*, Colombia. Accessed: May 18, 2023. [Online]. Available: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/pasa-tamiz-200-y-desempeno-en-el-concreto-1/#:~:text=De%20otra%20parte,%20la%20norma,a%20abrasi%C3%B3n,%20m%C3%A1ximo%207%25%20de>
- [5] EHE - 08, “Instrucción de Hormigón Estructural,” España, Jul. 1980.
- [6] Sihomara Guerra San Martín, “Determinación de la influencia del módulo de finura de la arena sobre la demanda de agua, la absorción de agua y la resistencia a compresión del hormigón,” Mar. 2015.
- [7] D. Ferreira, E. Oller, J. M. Bairán, S. Carrascón, and A. Marí, “Influencia del contenido de finos del hormigón en la respuesta estructural a flexión y cortante de vigas de hormigón armado,” *Informes de la Construcción*, vol. 67, no. 539, p. e097, Sep. 2015, doi: 10.3989/ic.14.039.
- [8] & M. T. Lisandra M., “Límites de conformidad de finos pasados por el tamiz 200.,” *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 7, pp. 1–73, Dec. 2013.
- [9] Flor de Ma. Muñoz U. and Oreamuno H. Juan Carlos, “Influencia de los finos pasando la malla n°200 (ASTM) en mezclas de concreto con cementos portland con adiciones,” *Revista de la Universidad de Costa Rica*, vol. 5, Dec. 1995.
- [10] J. N. J. J. M. C. G. F. D. W. Stewart, “Caracterizando menos no. 200 agregado fino para desempeño en concreto,” *Fundación Agregados para la Tecnología, la Investigación y la Educación*, Dec. 2005.
- [11] C. A. Escobedo Muñoz and N. J. Torres Jara, “Análisis del módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson y resistencia a la compresión del concreto estructural por la

- influencia de material pasante de la malla N° 200,” *Tesis, Universidad Tecnológica del Perú*, Dec. 2022.
- [12] L. M. Tejada Arias, “Estudio de la influencia de materiales muy finos de los agregados en la resistencia a compresión del concreto,” 2016.
- [13] R. A. Pacsi Catacora, “Influencia en el diseño de mezcla y resistencia en concretos con la disminución del material fino pasante del tamiz N° 200 (ASTM), elaborados en la ciudad de Puno,” Red de Repositorios latinoamericanos, Universidad Nacional del Altiplano (Perú), 2023.
- [14] M. A. ; S. C. Y. Sanjuán Barbudo, *El cemento Portland Fabricacion y Expedicion*, vol. 1. Alicane, 2004.
- [15] T. E. Harmsen, *Diseño de estructuras de concreto armado*, vol. 3. 2002.
- [16] S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese, and J. Tanesi, *Diseño y Control de Mezcla de Concreto*, vol. 1. 2004.
- [17] “Cemex - Cemento Tipo I.” [Online]. Available: <https://www.cemex.com.pe/productos/cemento/uso-estructural>
- [18] Torre C. Ana, “Curso básico de tecnología del concreto,” May 2004.
- [19] Niño Hernández Jairo René, *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas*, vol. 228. Bogotá 2010. Colombia, 2012.
- [20] Ing. Gerardo A. Rivera L., *Concreto Simple*. Universidad del Cauca: Ingeniería y Construcción.
- [21] Enrique Pasquel Carbajal, *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. 1993.
- [22] Diego Sanchez de Guzman, *Tecnología del concreto y del mortero*, BHANDAR LTDA. Colombia, 1986.
- [23] D. Sánchez de Guzmán, *Tecnología del concreto: materilales, propiedades y diseño de mezcla.*, Tercera. 2010.
- [24] INDECOPI, “AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.,” *Lima*, vol. Tercera edición, Oct. 2021.
- [25] INDECOPI, “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global ,” *Lima*, vol. Tercera Edición, Jun. 2018.
- [26] INDECOPI, “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (‘Peso Unitario’) y los vacíos en los agregados,” *San Borja*, vol. Tercera edición, Feb. 2011.

- [27] INDECOPI, “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino,” vol. Tercera edición, Jun. 2018.
- [28] INDECOPI, “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso,” vol. Tercera edición, Jun. 2018.
- [29] INDECOPI, “HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland,” *Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41)*, vol. 3, Jan. 2009.
- [30] M. Rezanian, M. Panahandeh, N. Razavi, and F. Berto, “Experimental study of the simultaneous effect of nano-silica and nano-carbon black on permeability and mechanical properties of the concrete,” *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol. 104, p. 102391, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.tafmec.2019.102391.
- [31] Abanto Castillo Flavio, *Tecnología del Concreto*, San Marcos. Lima.
- [32] ICG, “Naturaleza y Materiales del Concreto,” *II Congreso Internacional de la CONSTRUCCIÓN Y EXPOCON 2004*, 2004.
- [33] INDECOPI, “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas,” *Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)*, vol. 4, Dec. 2015.
- [34] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES,” May 2016.
- [35] Ing. Gianfranco Ottazzi Pasino, “Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado,” 2004.
- [36] UNE Normalizacion española, “Profundidad de penetración de agua bajo presión,” Mar. 2020.
- [37] William Garzón Pire, “Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado,” Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2023.
- [38] B. K. W. C. P. y J. T. Steven H. Kosmatka, *Diseño y control de mezclas de concreto*.
- [39] Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), “Norma E060. Concreto Armado.”
- [40] Enrique Rivva Lopez, *Tecnología del concreto: Diseño de mezclas*, Primera edición. 1992.

- [41] Guerrero Sánchez Antony and Hoyos Muñoz Ledis Jhoan, “Influencia del material fino que pasa por el tamiz n°200(74 μ m) en las propiedades físicas y mecánicas del concreto,” Universidad Nacional de Jaén, Jaén, 2020.
- [42] H. Yildirim and O. Sengul, “Modulus of elasticity of substandard and normal concretes,” *Constr Build Mater*, vol. 25, no. 4, pp. 1645–1652, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.10.009.

Anexos

Anexo 1: Ficha técnica del cemento portland tipo I - Cemex



PROPIEDADES FÍSICAS	Unidad	TIPO I	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.9	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.05	Máximo 0.80
Densidad	g/cm³	3.15	No específica

Tiempo de fraguado Vicat	Unidad	TIPO I	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C-150
Fraguado inicial	min	150	Mínimo 45
Fraguado final	min	192	Máximo 375

PROPIEDADES

- Cemento Portland Tipo I.
- Excelente comportamiento en el desempeño de resistencias iniciales y fin.
- Rápido desencofrado.
- Tiempo de fraguado óptimo.
- Excelentes resistencias mecánicas a la compresión, flexión y tracción.
- Excelente manejabilidad y trabajabilidad.
- Estabilidad y uniformidad en sus características.

USO Y APLICACIONES

- Es un cemento ideal para la construcción de elementos estructurales tales como columnas, vigas, losas, muros y cimentaciones en diversos tipos de edificaciones y obras de infraestructura.
- Por el comportamiento de su curva de resistencia permite producir concretos que requieran una mayor resistencia inicial.
- Tiene un excelente comportamiento en la elaboración de prefabricados (postes de concreto, vigas pretensadas y postensadas, pisos, adoquines, blocks, etc.)



La información en el cuadro adjunto corresponde al promedio de los datos obtenidos en el periodo de ensayos de enero 2023. Los despachos individuales pueden tener variaciones. Los resultados donde los límites no son especificados por norma se reportan solo como información.

Anexo 2: Ficha técnica del químico sulfato de sodio



INDIQSA

INDUSTRIAL INSUMOS QUÍMICOS S.A.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS SULFATO DE SODIO ANHIDRO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Sulfato de Sodio Anhidro
Fórmula Molecular	Na ₂ SO ₄
Peso Molecular	142.06 g/mol.
Sinónimos Sulfato	Di-sódico

2. DESCRIPCIÓN

Sal inorgánica, cristalina, blanca e inodora cuando esta en forma anhidra, y se conoce como sal Glauber cuando esta en forma deca-hidratada con fórmula Na₂SO₄·10 H₂O

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Pureza % mín.	99
Cloruros % Max	0.2
Hierro (mg/kg) Max	100
Calcio (mg/Kg) Max	500
Magnesio (mg/Kg) máx.	20
Humedad % máx.	0.2
Insolubles en HCl % máx.	0.05

4. PROPIEDADES

Presentación	polvo
Color	blanco
Olor	inodoro
Sabor	picante, salino
Gravedad específica	2.671
pH (5 % P/P a 25°C)	6 - 7

INDUSTRIAL INSUMOS QUÍMICOS S.A.

📍 Calle Benito Pardo Figueroa N° 147
Urb. Balconcillo, La Victoria, Lima, Perú

☎ Tel. 01 474 1099 | Fax 01 474 1079
indiqsa@gmail.com | chubralu@ec-red.com

Anexo 3: Informe de laboratorio - Análisis granulométrico del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



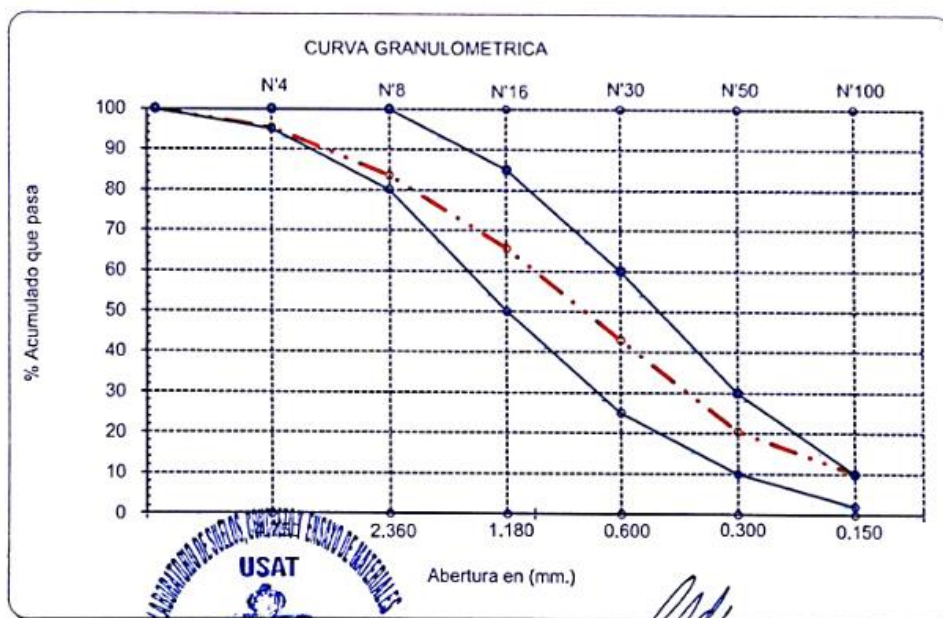
Tesista : Neyra Zaquinaula Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe **P. Inicial H** 505.7 g **% de**
P. Inicial S. 529.1 g **Humedad** 1.01

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(% Acum. Ret.	(% Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	24.36	4.6	4.6	95.4	95	100
N° 08	2.360	62.49	11.8	16.4	83.6	80	100
N° 16	1.180	95.52	18.1	34.5	65.5	50	85
N° 30	0.600	119.42	22.6	57.0	43.0	25	60
N° 50	0.300	118.84	22.5	79.5	20.5	10	30
N° 100	0.150	54.9	10.4	89.9	10.1	2	10
Fondo		53.59	10.1	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.82			
Abertura de malla de referencia				9.50			



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 4: Informe de laboratorio - Análisis granulométrico del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES



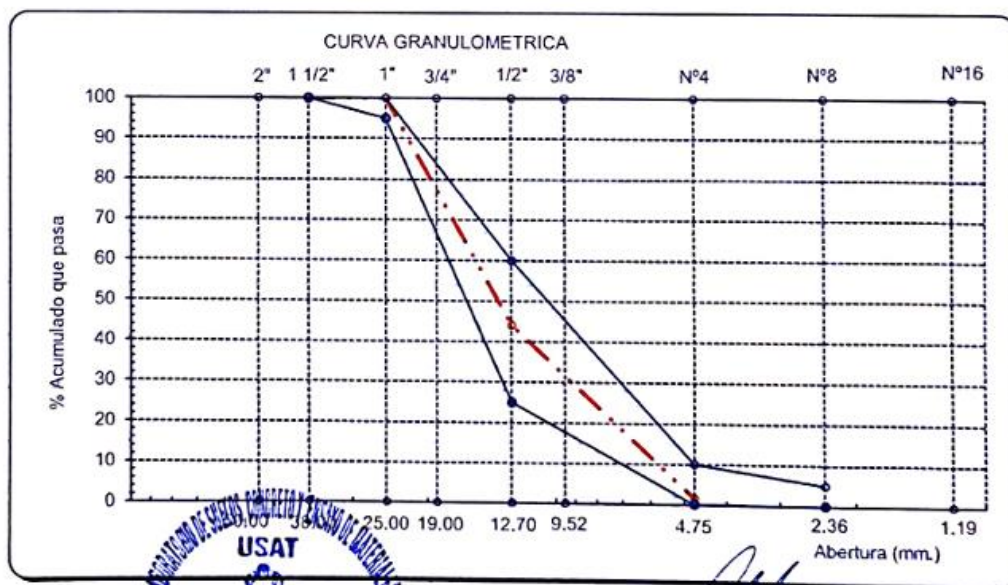
Tesista : Neyra Zaquinaula Yanely Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe **P. Inicial H.** 7233 g **% de**
P. Inicial S. 11502 g **Humedad** 0.51

Malla		Peso Ret.	(% Ret.	(% Acum. Ret.	(% Acum. Que Pasa	Especificaciones USO 57	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	95.0	100.0
3/4"	19.00	1996.0	17.4	17.4	82.6	70.0	90.0
1/2"	12.70	4432.0	38.5	55.9	44.1	25.0	65.0
3/8"	9.52	2142.0	18.6	74.5	25.5	20.0	35.0
Nº 04	4.75	2750.0	23.9	98.4	1.6	0.0	10.0
Nº 08	2.36	113.6	1.0	99.4	0.6	0.0	5.0
Nº 16	1.19	15.6	0.1	99.5	0.5	0.0	0.0
Fondo		52.8	0.5	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	25.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	19.00			



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 5: Informe de laboratorio - Peso unitario del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinaula Yancy Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tests : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Rcg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18862	18866
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10118.0	10118.0
3.- Peso del material		8744	8748
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1596	1596
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1580	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	20064	20032
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10118.0	10118.0
3.- Peso del material		9946	9914
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1815	1809
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1794	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1000	1000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	990	990
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.0	1.0
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.01	



Anexo 6: Informe de laboratorio - Peso unitario del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinaula Yancy Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17330	17320
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		7220	7210
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1318	1316
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1310	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18580	18590
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		8470.0	8480.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1546	1547
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1539	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	12153	12153
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	12091	12091
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.51	



Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 7: Informe de laboratorio - Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinaula Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1000	1000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	990	990
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.01	1.01
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.01	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	12153	12153
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	12091	12091
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.51	



Anexo 8: Informe de laboratorio - Peso específico y absorción del agregado fino y agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaguinola Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	991.7	991.7
2.- Peso de : Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	685.78	685.78
3.- Peso del Agua	(g)	305.94	305.94
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	682.29	682.29
5.- Peso del Frasco	(g)	185.78	185.78
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	497	497
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.559
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.577
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.605
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.70

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1820	1640
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1836	1661
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1997	1887
4.- Peso de la canastilla	(g)	886	886
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1111	1001

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.498
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.525
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.567
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.07



Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 9: Informe de laboratorio - Sales solubles del material fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinula Yancy Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Referencia : NTP 339.152

Cantera	: Cantera Tres Tomas - Ferreñafe	
Material	: Material fino	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.02



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 10: Informe de laboratorio - Equivalente de arena



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinqua Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

Muestra : Agregado fino
Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	7.50	9.00	6.30
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.00	3.70	3.20
EQUIVALENTE DE ARENA	53.33 %	41.11 %	50.79 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	49 %		




Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 11: Informe de laboratorio - Asentamiento (slump)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinula Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Asentamiento - Slump

Referencia : NTP 339,035

L.- DATOS

MUESTRA N°	SLUMP (pulg)
Muestra Patrón	3.9
Muestra Patrón + 9% M. F	3.4
Muestra Patrón + 12% M. F	3.0
Muestra Patrón + 15% M. F	2.4
Muestra Patrón + 18% M. F	1.8



Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 12: Informe de laboratorio - Contenido de aire en concreto fresco



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinula Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Contenido de aire en concreto fresco

Referencia : NTP 339,081 - ASTM-C231

I.- DATOS

MUESTRA N°	Contenido de aire teórico	Contenido de aire in situ
Muestra Patrón	2%	1.85%
Muestra Patrón + 9% M. F	2%	1.75%
Muestra Patrón + 12% M. F	2%	1.85%
Muestra Patrón + 15% M. F	2%	1.95%
Muestra Patrón + 18% M. F	2%	1.95%



Anexo 13: Informe de laboratorio - Peso unitario del concreto fresco



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinula Yancy Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Peso unitario del concreto fresco

Referencia : NTP 339.046

I.- DATOS

Muestra	Peso del concreto + Molde (g)	Peso del molde (g)	Peso del concreto (g)	Vol. De moldes cilindricos	Peso Unitario (kg/m ³)
Muestra Patrón	4085.89	230	3855.89	0.001571	2454.74
Muestra Patrón + 9% M.F	4086.56	230	3856.56	0.001571	2455.16
Muestra Patrón + 12% M.F	4083.44	230	3853.44	0.001571	2453.18
Muestra Patrón + 15% M.F	4082.11	230	3852.11	0.001571	2452.33
Muestra Patrón + 18% M.F	4082.22	230	3852.22	0.001571	2452.40



Anexo 14: Informe de laboratorio – Temperatura



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinqua Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Ensayo : Temperatura

Referencia : NTP 339,184

L.- DATOS

MUESTRA N°	Temperatura °C
Muestra Patrón	25.8°
Muestra Patrón + 9% M. F	26.6°
Muestra Patrón + 12% M. F	26.7°
Muestra Patrón + 15% M. F	26.3°
Muestra Patrón + 18% M. F	26.5°




Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 15: Informe de laboratorio - Resistencia a compresión – Muestra patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinnula Yaneli Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Referencia : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	2/10/2023	5/10/2023	3	182
02	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	2/10/2023	5/10/2023	3	197
03	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	2/10/2023	5/10/2023	3	161
04	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	12/10/2023	7	252
05	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	12/10/2023	7	214
06	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	12/10/2023	7	259
07	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	19/10/2023	14	259
08	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	19/10/2023	14	281
09	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	19/10/2023	14	297
10	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	17/10/2023	7/11/2023	21	296
11	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	17/10/2023	7/11/2023	21	295
12	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	17/10/2023	7/11/2023	21	296
13	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	2/11/2023	28	313
14	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	2/11/2023	28	309
15	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	2/11/2023	28	312
16	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	6/11/2023	1/01/2024	56	310
17	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	6/11/2023	1/01/2024	56	325
18	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	6/11/2023	1/01/2024	56	312
19	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	6/11/2023	4/02/2024	90	331
20	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	6/11/2023	4/02/2024	90	314
21	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	6/11/2023	4/02/2024	90	313



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 16: Informe de laboratorio - Resistencia a compresión + 9% MF



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinaula Yancy Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Referencia : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	15/10/2023	18/10/2023	3	184
02	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	15/10/2023	18/10/2023	3	169
03	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	15/10/2023	18/10/2023	3	192
04	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	20/10/2023	7	238
05	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	20/10/2023	7	262
06	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	20/10/2023	7	234
07	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	27/10/2023	14	278
08	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	27/10/2023	14	279
09	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	27/10/2023	14	280
10	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	15/10/2023	5/11/2023	21	298
11	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	15/10/2023	5/11/2023	21	296
12	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	15/10/2023	5/11/2023	21	298
13	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	10/11/2023	28	311
14	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	10/11/2023	28	314
15	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	10/11/2023	28	313
16	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	7/11/2023	2/01/2024	56	332
17	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	7/11/2023	2/01/2024	56	318
18	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	7/11/2023	2/01/2024	56	312
19	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	7/11/2023	5/02/2024	90	335
20	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	7/11/2023	5/02/2024	90	323
21	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	7/11/2023	5/02/2024	90	323



Henry Rivasdeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 17: Informe de laboratorio - Resistencia a compresión + 12% MF



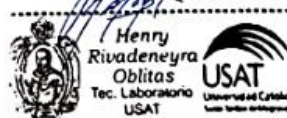
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Testista : Neyra Zaquinaula Yaneli Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Referencia : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	23/10/2023	26/10/2023	3	173
02	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	23/10/2023	26/10/2023	3	171
03	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	23/10/2023	26/10/2023	3	161
04	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	23/10/2023	7	226
05	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	23/10/2023	7	233
06	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	23/10/2023	7	248
07	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	30/10/2023	14	272
08	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	30/10/2023	14	274
09	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	30/10/2023	14	269
10	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	23/10/2023	13/11/2023	21	278
11	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	23/10/2023	13/11/2023	21	287
12	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	23/10/2023	13/11/2023	21	285
13	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	13/11/2023	28	285
14	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	13/11/2023	28	296
15	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	13/11/2023	28	302
16	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	7/11/2023	2/01/2024	56	304
17	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	7/11/2023	2/01/2024	56	285
18	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	7/11/2023	2/01/2024	56	297
19	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	7/11/2023	5/02/2024	90	310
20	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	7/11/2023	5/02/2024	90	302
21	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	7/11/2023	5/02/2024	90	300



Anexo 18: Informe de laboratorio - Resistencia a compresión + 15% MF



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinaula Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Referencia : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	2/11/2023	3	171
02	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	2/11/2023	3	170
03	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	2/11/2023	3	147
04	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	6/11/2023	7	239
05	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	6/11/2023	7	217
06	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	6/11/2023	7	225
07	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	13/11/2023	14	274
08	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	13/11/2023	14	263
09	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	30/10/2023	13/11/2023	14	258
10	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	7/11/2023	21	278
11	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	7/11/2023	21	260
12	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	7/11/2023	21	296
13	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	287
14	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	295
15	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	268
16	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	11/11/2023	6/01/2024	56	293
17	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	11/11/2023	6/01/2024	56	291
18	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	11/11/2023	6/01/2024	56	290
19	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	11/11/2023	9/02/2024	90	296
20	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	11/11/2023	9/02/2024	90	296
21	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	11/11/2023	9/02/2024	90	297


TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 19: Informe de laboratorio - Resistencia a compresión + 18% MF



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zaquinaula Yanelly Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024

Referencia : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f_c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	31/10/2023	3	133
02	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	31/10/2023	3	145
03	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	31/10/2023	3	135
04	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	4/11/2023	7	208
05	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	4/11/2023	7	208
06	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	4/11/2023	7	213
07	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	11/11/2023	14	230
08	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	11/11/2023	14	245
09	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	28/10/2023	11/11/2023	14	247
10	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/10/2023	9/11/2023	21	260
11	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/10/2023	9/11/2023	21	263
12	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/10/2023	9/11/2023	21	233
13	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/10/2023	16/11/2023	28	273
14	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/10/2023	16/11/2023	28	231
15	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/10/2023	16/11/2023	28	292
16	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	14/11/2023	9/01/2024	56	284
17	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	15/11/2023	10/01/2024	56	268
18	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	16/11/2023	11/01/2024	56	280
19	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	17/11/2023	15/02/2024	90	286
20	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	18/11/2023	16/02/2024	90	281
21	CONCRETO 210 kg/cm2 Muestra Patrón + 18% Material fino	19/11/2023	17/02/2024	90	282



Henry Rivasdeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



Anexo 20: Informe de laboratorio - Resistencia a tracción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Neyra Zquinula Yaneli Elizabeth
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tests : "Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de mayo del 2024
Ensayo : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas
Código : ASTM C-39/39M -2004
Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 $f_c = [(2xP)/(3.1416 \times d \times h)]$

Muestra	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f_c (Kg/cm ²)
M-01	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	12/10/2023	28	15.1	30.1	11430.4	16
M-02	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	12/10/2023	28	15.1	30.1	15956.1	22
M-03	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón	5/10/2023	12/10/2023	28	15.1	30.1	14783.4	21
M-04	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	27/10/2023	28	15.1	30.1	16918.3	24
M-05	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	27/10/2023	28	15.1	30.1	12986.7	18
M-06	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 9% Material fino	13/10/2023	27/10/2023	28	15.1	30.1	12097.9	17
M-07	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	30/10/2023	28	15.1	30.1	12128.3	17
M-08	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	30/10/2023	28	15.1	30.1	12408.8	17
M-09	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 12% Material fino	16/10/2023	30/10/2023	28	15.1	30.1	12192.2	17
M-10	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	31/10/2023	28	15.1	30.1	10743.8	15
M-11	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	27/10/2023	28	15.1	30.1	12799.1	18
M-12	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 15% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	15.1	30.1	11495.0	16
M-13	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 18% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	15.1	30.1	11350.8	16
M-14	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 18% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	15.1	30.1	9228.6	13
M-15	CONCRETO 210 kg/cm ² Muestra Patrón + 18% Material fino	17/10/2023	14/11/2023	28	15.1	30.1	10743.8	15



Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 21: Informe de laboratorio - Modulo de elasticidad – Muestra patrón



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0604A-24/ LEMS W&C
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024

Inicio de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Fin de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_s (S ₂)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
Muestra patrón - f _c = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	271.08	108.43	12.34611	0.000439	246922.19	258859.56
Muestra patrón - f _c = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	300.15	120.06	13.16710	0.000456	263342.05	
Muestra patrón - f _c = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	305.00	122.00	13.28572	0.000459	265714.45	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUIRRE
ING. ESPECIALISTA DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
ING. CIVIL



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 22: Informe de laboratorio - Modulo de elasticidad + 9% MF



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycir@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0604A-24/ LEMS W&C
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024

Inicio de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Fin de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

Diseño : Concreto f_c 210 kg/cm² + 9% de MATERIAL FINO

Material : Material fino pasante la malla N°200

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S ₂)	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
Muestra Patrón + 9% M. F - f_c = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	318.77	128	13.58565	0.000469	271712.94	270469.42
Muestra Patrón + 9% M. F - f_c = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	320.55	128	13.49489	0.000475	269897.85	
Muestra Patrón + 9% M. F - f_c = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	314.79	126	13.48987	0.000467	269797.47	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Anexo 23: Informe de laboratorio - Modulo de elasticidad + 12% MF



Certificado INDECOPI N°0117704 RNP Servicos S0608569

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0604A-24/ LEMS W&C
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024

Inicio de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Fin de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

Diseño : Concreto f'c 210 kg/cm2 +12% de MATERIAL FINO

Material : Material fino pasante la malla N°200

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_z (S2)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
Muestra Patrón + 12% M. F - f'c= 210 kg/cm2	26/03/2024	23/04/2024	28	283.29	113	12.81098	0.000442	256219.66	256514.94
Muestra Patrón + 12% M. F - f'c= 210 kg/cm2	26/03/2024	23/04/2024	28	269.37	108	12.57911	0.000428	251582.22	
Muestra Patrón + 12% M. F - f'c= 210 kg/cm2	26/03/2024	23/04/2024	28	291.31	117	13.08715	0.000445	261742.95	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Anexo 24: Informe de laboratorio - Modulo de elasticidad + 15% MF



Certificado INDECOP N°00137704 RNP Servicios S06/8563

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceir@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0604A-24/ LEMS W&C
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024

Inicio de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Fin de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

Diseño : Concreto $f'c$ 210 kg/cm² + 15% de MATERIAL FINO

Material : Material fino pasante la malla N°200

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S ₂)	E _e Kg/cm ²	Promedio E _e Kg/cm ²
Muestra Patrón + 15% M. F - $f'c$ = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	273.81	110	12.55466	0.000436	251093.12	252765.12
Muestra Patrón + 15% M. F - $f'c$ = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	263.62	105	12.32845	0.000428	246568.91	
Muestra Patrón + 15% M. F - $f'c$ = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	290.49	116	13.03167	0.000446	260633.34	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Lima - Vicerrectorado

LEMS W&C EIRL.



MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL

Anexo 25: Informe de laboratorio - Modulo de elasticidad + 18% MF



Prolongación Bolognesi Km. 3,5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 0604A-24/ LEMS W&C
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024

Inicio de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Fin de Ensayo : Martes, 23 de abril del 2024

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

Diseño : Concreto f'c 210 kg/cm² + 18% de MATERIAL FINO

Material : Material fino pasante la malla N°200

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_2 (S2)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
Muestra Patrón + 18% M. F - f'c= 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	267.26	107	12.40007	0.000431	248001.37	246626.02
Muestra Patrón + 18% M. F - f'c= 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	266.93	107	12.33664	0.000433	246732.71	
Muestra Patrón + 18% M. F - f'c= 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	263.04	105	12.25720	0.000429	245143.97	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
ING. EN INGENIERIA CIVIL

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PÁRALES
INGENIERO CIVIL



Henry Rivas Neyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresa de Guayaquil

Anexo 26: Informe de laboratorio - Coeficiente de Poisson (todos los porcentajes)



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chileyo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycarl@gmail.com

Solicitud de Ensayo

Testista:

Título de la tesis:

Ubicación

Fecha de Apertura

Inicio de Ensayo

Fin de Ensayo

Ensayo:

Referencia:

0604-24/ LEMS W&C

YANELY ELIZABETH NEYRA ZAGUINOLA

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA

NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037

Dist. Pimentel, Prov. Chileyo, Depart. Lambayeque

Sábado, 06 de abril del 2024

Martes, 23 de abril del 2024

Martes, 23 de abril del 2024

(Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

ASTM C-496

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DÍAS)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) (Kg/cm ²)	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (S48 & Max)	ϵ unitaria Transversal (S & 0.80050)	ν	Promedio ν
01	Muestra patrón - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	271.08	108.43	0.00043913	0.000077602	0.000009	0.177	0.166
02	Muestra patrón - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	300.15	120.06	0.000455811	0.000074145	0.000008	0.163	
03	Muestra patrón - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	305.00	122.00	0.000465999	0.000074093	0.000008	0.159	
04	Muestra patrón + 9% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	318.77	127.51	0.000469258	0.000064678	0.000009	0.180	0.177
05	Muestra patrón + 9% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	320.55	128.22	0.000475089	0.000064558	0.000009	0.178	
06	Muestra patrón + 9% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	314.78	125.91	0.000466398	0.000063364	0.000009	0.172	
07	Muestra patrón + 12% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	283.29	113.32	0.000442281	0.000063568	0.000008	0.157	0.152
08	Muestra patrón + 12% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	269.37	107.75	0.000428278	0.000064708	0.000008	0.156	
09	Muestra patrón + 12% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	291.31	116.53	0.00044519	0.000064090	0.000007	0.144	
10	Muestra patrón + 15% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	273.81	109.52	0.000436188	0.000063253	0.000007	0.145	0.148
11	Muestra patrón + 15% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	263.62	105.45	0.000427568	0.000064841	0.000008	0.152	
12	Muestra patrón + 15% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	290.49	116.20	0.000445819	0.000065393	0.000007	0.147	
13	Muestra patrón + 18% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	267.26	106.91	0.000431968	0.000061451	0.000007	0.143	0.145
14	Muestra patrón + 18% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	266.93	106.77	0.00043275	0.000062798	0.000007	0.145	
15	Muestra patrón + 18% M. F - f' = 210 kg/cm ²	26/03/2024	23/04/2024	28	263.04	105.22	0.000429201	0.000063314	0.000007	0.148	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
Téc. LABORATORIO DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL



Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. LABORATORIO USAT
USAT Universidad de Cuzco
Instituto Tecnológico de Cuzco

Anexo 27: Informe de laboratorio - Profundidad de penetración bajo presión de agua - Muestra patrón



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycir.com

Solicitud de Ensayo : **0604A-24/ LEMS W&C**
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024
Inicio de Ensayo : Sábado, 06 de abril del 2024
Fin de Ensayo : Martes, 09 de abril del 2024

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Norma : UNE-EN12390-8
Mezcla de concreto : $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$
R a/c diseño : 0.557
Edad : 28 días

Muestra Nº	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRÓN 210	28	06/04/2024	09/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	38.86	38.11	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	38.48		
M-02	CONCRETO PATRÓN 210	28	06/04/2024	09/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	37.36		
								B	37.49		
M-03	CONCRETO PATRÓN 210	28	06/04/2024	09/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	38.21		
								B	38.25		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
Téc. Ensayos de Materiales y Suelos

 **LEMS W&C EIRL.**
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP-1246543

 **USAT**
TÉCNICO DE LABORATORIO

 **USAT**
Henry Rivasneyra Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT

Anexo 28: Informe de laboratorio - Profundidad de penetración bajo presión de agua + 9% MF



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0604A-24/ LEMS W&C**
Solicitante : YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA

Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 06 de abril del 2024
Inicio de Ensayo : Martes, 09 de abril del 2024
Fin de Ensayo : Viernes, 12 de abril del 2024

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
Norma : UNE-EN12390-8
Mezcla de concreto : $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$
R a/c diseño : 0.557
Edad : 28 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 210 + 9% MATERIAL FINO	28	09/04/2024	12/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	37.22	37.06	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	37.13		
M-02	CONCRETO PATRON 210 + 9% MATERIAL FINO	28	09/04/2024	12/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	36.27		
								B	36.49		
M-03	CONCRETO PATRON 210 + 9% MATERIAL FINO	28	09/04/2024	12/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	37.42		
								B	37.80		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 **LEMS W&C EIRL.**
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL

 **USAT**
LABORATORIO DE ENSAYOS, CONSULTAS Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO

 **USAT**
Henry Riudenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 29: Informe de laboratorio - Profundidad de penetración bajo presión de agua + 12% MF



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0604A-24/ LEMS W&C**
Solicitante : **YANELY ELIZABETH NEYRA ZAGUINOLA**

Proyecto / Obra : **EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037**

Ubicación : **Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.**
Fecha de Apertura : **Sábado, 06 de abril del 2024**
Inicio de Ensayo : **Viernes, 12 de abril del 2024**
Fin de Ensayo : **Lunes, 15 de abril del 2024**

Ensayo : **ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.**

Norma : **UNE-EN12390-8**
Mezcla de concreto : **f'c= 210 kg/m²**
R a/c diseño : **0.557**
Edad : **28 días**

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 210 + 12% MATERIAL FINO	28	12/04/2024	15/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	40.20	41.65	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	40.02		
M-02	CONCRETO PATRON 210 + 12% MATERIAL FINO	28	12/04/2024	15/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	41.18		
								B	41.32		
M-03	CONCRETO PATRON 210 + 12% MATERIAL FINO	28	12/04/2024	15/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	43.26		
								B	43.93		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 **LEMS W&C EIRL.**

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246504


USAT
LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ACERO DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO


USAT
LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ACERO DE MATERIALES

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 30: Informe de laboratorio - Profundidad de penetración bajo presión de agua + 15% MF



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0604A-24/ LEMS W&C**
Solicitante : **YANELY ELIZABETH NEYRA ZAQUINAULA**

Proyecto / Obra : **EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037**

Ubicación : **Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.**
Fecha de Apertura : **Sábado, 06 de abril del 2024**
Inicio de Ensayo : **Lunes, 15 de abril del 2024**
Fin de Ensayo : **Jueves, 18 de abril del 2024**

Ensayo : **ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.**

Norma : **UNE-EN12390-8**
Mezcla de concreto : **f'c= 210 kg/m²**
R a/c diseño : **0.557**
Edad : **28 días**

Muestra Nº	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 210 + 15% MATERIAL FINO	28	15/04/2024	18/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	43.74	43.98	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	43.76		
M-02	CONCRETO PATRON 210 + 15% MATERIAL FINO	28	15/04/2024	18/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	43.82		
								B	43.22		
M-03	CONCRETO PATRON 210 + 15% MATERIAL FINO	28	15/04/2024	18/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	44.43		
								B	44.93		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 **LEMS W&C EIRL.**

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP- 241543


USAT

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT


Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 31: Informe de laboratorio - Profundidad de penetración bajo presión de agua + 18% MF



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitud de Ensayo : **0604A-24/ LEMS W&C**
Solicitante : **YANELY ELIZABETH NEYRA ZAGUINOLA**

Proyecto / Obra : **EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TECNICA PERUANA 400.037**

Ubicación : **Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.**
Fecha de Apertura : **Sábado, 06 de abril del 2024**
Inicio de Ensayo : **Jueves, 18 de abril del 2024**
Fin de Ensayo : **Domingo, 21 de abril del 2024**

Ensayo : **ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.**
Norma : **UNE-EN12390-8**
Mezcla de concreto : **f'c= 210 kg/m2**
R a/c diseño : **0.557**
Edad : **28 días**

Muestra Nº	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 210 + 18% MATERIAL FINO	28	18/04/2024	21/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	46.50	46.83	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	46.64		
M-02	CONCRETO PATRON 210 + 18% MATERIAL FINO	28	18/04/2024	21/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	46.14		
								B	46.86		
M-03	CONCRETO PATRON 210 + 18% MATERIAL FINO	28	18/04/2024	21/04/2024	11:00 a. m.	11:00 a. m.	72	A	47.03		
								B	47.78		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 **LEMS W&C EIRL.**

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246543


USAT

TECNICO DE LABORATORIO

 **USAT**

Henry Obilias
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 32: Informe de laboratorio - Cambio de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio -
Muestra patrón



INFORME DE ENSAYO N° 1289

(Pág. 01 de 01)

Expediente : 1194 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C
 Tesista : NEYRA ZAQUINAULA YANELY ELIZABETH
 Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS
 FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de mayo del 2024

**IDENTIFICACIÓN DE
MUESTRA**

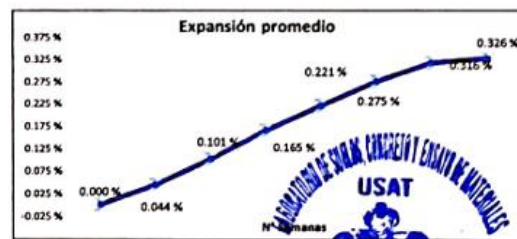
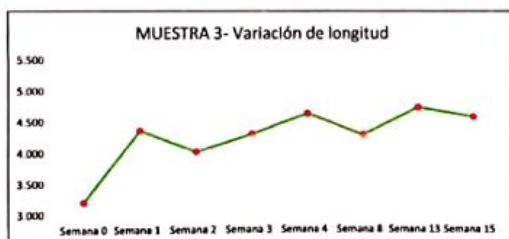
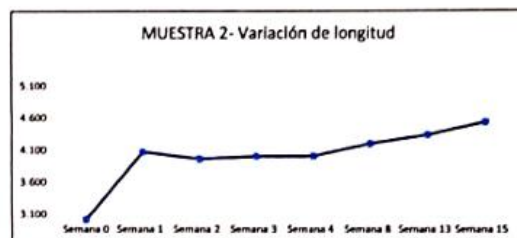
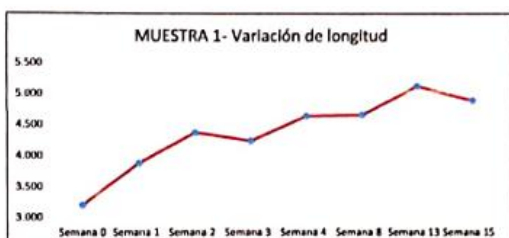
Concreto Patrón $f'c=210$ kg/cm²-Cemento tipo I

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3.201	3.150	3.195
Semana 1	3.873	4.206	4.352
Semana 2	4.365	4.097	4.009
Semana 3	4.233	4.135	4.292
Semana 4	4.631	4.140	4.625
Semana 8	4.651	4.335	4.276
Semana 13	5.117	4.472	4.724
Semana 15	4.886	4.670	4.573

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.1324 %	0.044 %
0.4368 %	0.101 %
0.9328 %	0.165 %
1.5952 %	0.221 %
2.4200 %	0.275 %
3.3692 %	0.316 %
4.3468 %	0.326 %



Desviación Estándar	0.41692	0.21225	0.24745
---------------------	---------	---------	---------



German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

Anexo 33: Informe de laboratorio - Cambio de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio + 9% MF



INFORME DE ENSAYO N° 1289

(Pág. 01 de 01)

Expediente : 1194 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C
 Tesista : NEYRA ZAQUINAULA YANELY ELIZABETH
 Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión: Chiclayo, 02 de mayo del 2024

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

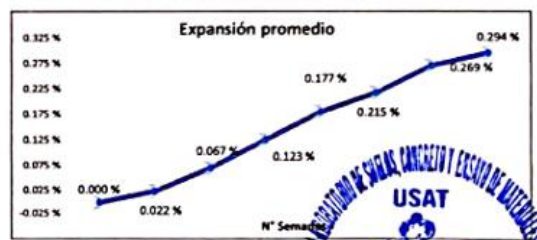
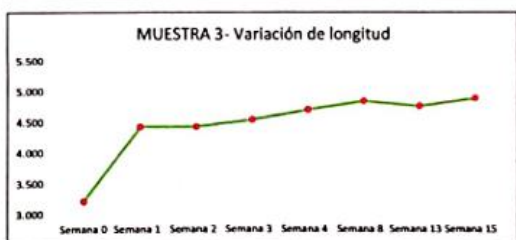
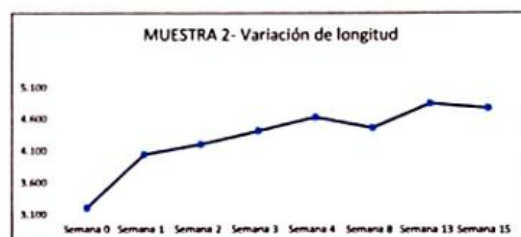
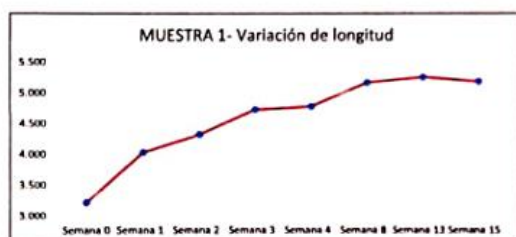
Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ -Cemento tipo I + 9% de material fino pasante la malla N° 200

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3 210	3 200	3 201
Semana 1	4 023	4 036	4 412
Semana 2	4 315	4 197	4 419
Semana 3	4 723	4 405	4 532
Semana 4	4 771	4 620	4 695
Semana 8	5 161	4 455	4 834
Semana 13	5 247	4 842	4 754
Semana 15	5 176	4 770	4 883

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0664 %	0.022 %
0.2688 %	0.067 %
0.6388 %	0.123 %
1.1712 %	0.177 %
1.8172 %	0.215 %
2.6244 %	0.269 %
3.5060 %	0.294 %



Desviación Estándar	0.46769	0.29384	0.19359
---------------------	---------	---------	---------



German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Juan Carlos Firme Ojeda Ayesto
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz. 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

Anexo 34: Informe de laboratorio - Cambio de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio + 12% MF



INFORME DE ENSAYO N° 1289

(Pág. 01 de 01)

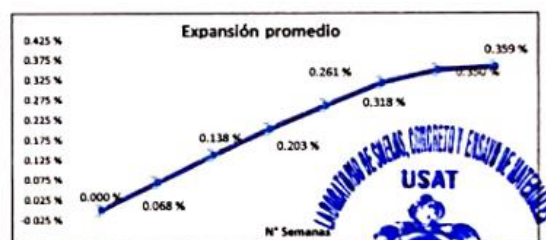
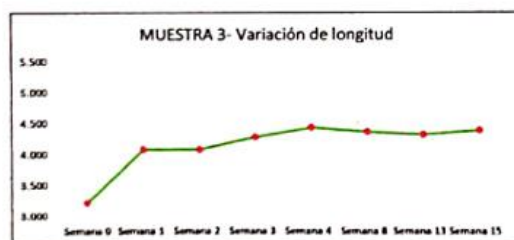
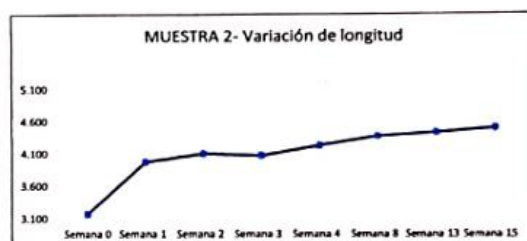
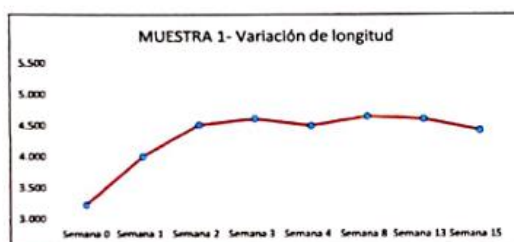
Expediente : 1194 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C
 Tesista : NEYRA ZAQUINAULA YANELY ELIZABETH
 Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de mayo del 2024

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ -Cemento tipo I + 12% de material fino pasante la malla N°200

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3 215	3 165	3 205
Semana 1	3 993	3 966	4 072
Semana 2	4 505	4 097	4 069
Semana 3	4 603	4 065	4 272
Semana 4	4 491	4 220	4 425
Semana 8	4 641	4 365	4 356
Semana 13	4 597	4 422	4 314
Semana 15	4 416	4 490	4 383

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0 0000 %	0 000 %
0 2048 %	0 068 %
0 6176 %	0 138 %
1 2260 %	0 203 %
2 0088 %	0 261 %
2 9620 %	0 318 %
4 0116 %	0 350 %
5 0876 %	0 359 %

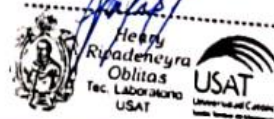


German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

TECNICO DE LABORATORIO



Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca Ica T: (056) 402621 C: 959 669 889

Anexo 35: Informe de laboratorio - Cambio de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio + 15% MF



INFORME DE ENSAYO N° 1289

(Pág. 01 de 01)

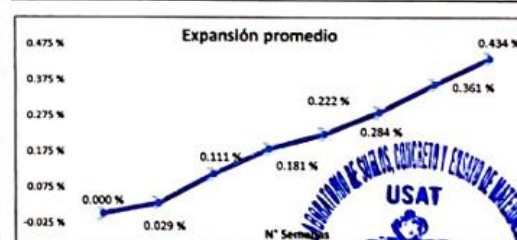
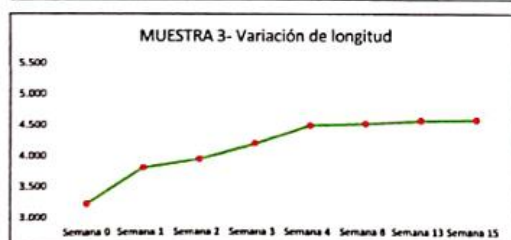
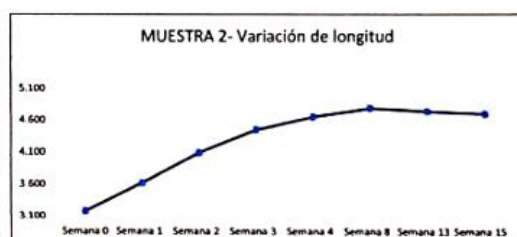
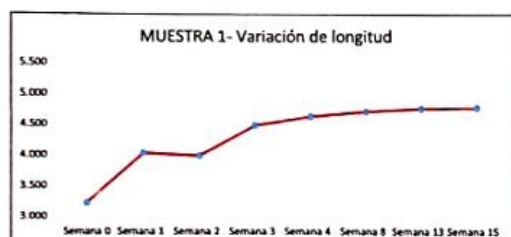
Expediente : 1194 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C
 Tesista : NEYRA ZAKINAULA YANELY ELIZABETH
 Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de mayo del 2024

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

Concreto Patrón $f'c=210$ kg/cm²-Cemento tipo I +15% de material pasante la malla N°200

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3	Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
Semana 0	3.220	3.186	3.206	0.0000 %	0.000 %
Semana 1	4.027	3.626	3.792	0.0860 %	0.029 %
Semana 2	3.985	4.097	3.929	0.4190 %	0.111 %
Semana 3	4.478	4.455	4.177	0.9630 %	0.181 %
Semana 4	4.621	4.655	4.475	1.6300 %	0.222 %
Semana 8	4.706	4.795	4.501	2.4810 %	0.284 %
Semana 13	4.757	4.747	4.554	3.5631 %	0.361 %
Semana 15	4.771	4.710	4.568	4.8645 %	0.434 %

Desviación estándar	0.33729	0.43202	0.32059
---------------------	---------	---------	---------



German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Henry Rivas de la Cruz
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

Anexo 36: Informe de laboratorio - Cambio de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio + 18% MF



INFORME DE ENSAYO N° 1289

(Pág. 01 de 01)

Expediente : 1194 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C
 Tesista : NEYRA ZAQUINAULA YANELY ELIZABETH
 Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO CONVENCIONAL UTILIZANDO AGREGADOS FINOS QUE EXCEDAN A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 400.037
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de mayo del 2024

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

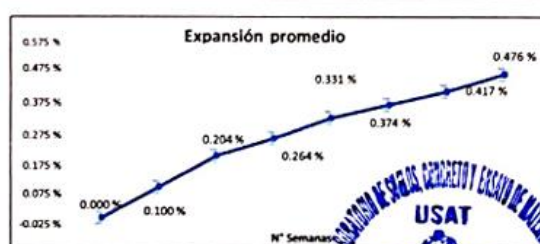
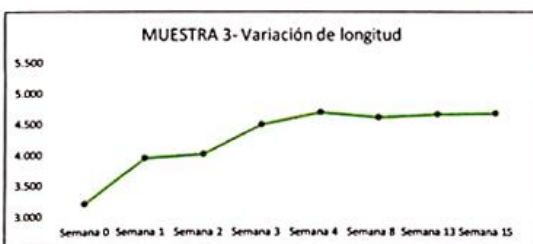
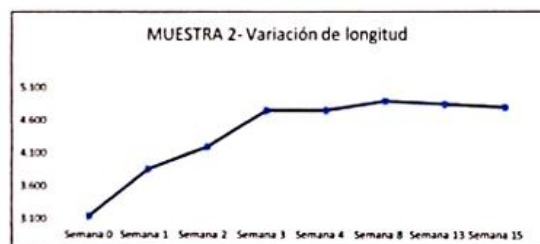
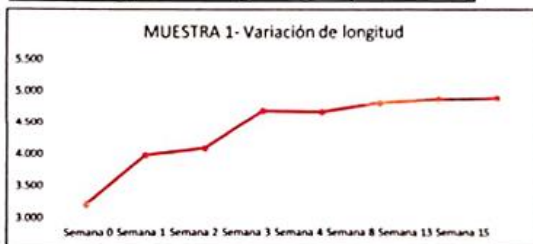
Concreto patrón $f'c=210$ kg/cm²-Cemento tipo I + 18% de material fino pasante la malla N°200

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3.209	3.190	3.203
Semana 1	3.983	3.856	3.932
Semana 2	4.085	4.197	4.009
Semana 3	4.678	4.755	4.477
Semana 4	4.671	4.755	4.675
Semana 8	4.806	4.895	4.601
Semana 13	4.857	4.847	4.654
Semana 15	4.871	4.810	4.668

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.3004 %	0.100 %
0.9128 %	0.204 %
1.7048 %	0.264 %
2.6972 %	0.331 %
3.8201 %	0.374 %
5.0704 %	0.417 %
6.4989 %	0.476 %



Desviación estándar	0.37196	0.39898	0.32237
---------------------	---------	---------	---------



German Oscar Gastelo Chirinos
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Juan Carlos Firme Ojeda Ayesto
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351



Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

Anexo 37: Validación de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N°

LEM USAT 016-2024-I

FECHA:

18 de mayo del 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Yanelly Elizabeth Neyra Zaquinaula

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de la efectividad del concreto convencional utilizando agregados finos que excedan a la norma técnica peruana 400.037

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso
- Peso unitario del agregado fino y agregado grueso
- Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso
- Peso específico y absorción del agregado fino y agregado grueso
- Sales solubles
- Equivalente de arena
- Asentamiento
- Contenido de aire en concreto fresco
- Peso unitario del concreto fresco
- Temperatura
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción
- Cambios de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio (AMAZING – Constructora y servicios generales)
- Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson (Laboratorio LEMS W&C)
- Profundidad de penetración bajo presión de agua (Laboratorio LEMS W&C)

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes:

Observación: Adjunto



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 38: Cantera “Tres Tomas”- compra de los agregados a utilizar



Anexo 39: Slump del diseño de muestra patrón



Anexo 40: Slump de diseño de muestra patrón +9% material fino



Anexo 41: Slump de diseño de muestra patrón +12% material fino



Anexo 42: Slump de diseño de muestra patrón +15% material fino



Anexo 43: Slump de diseño de muestra patrón +18% material fino



Anexo 44: Temperatura del concreto

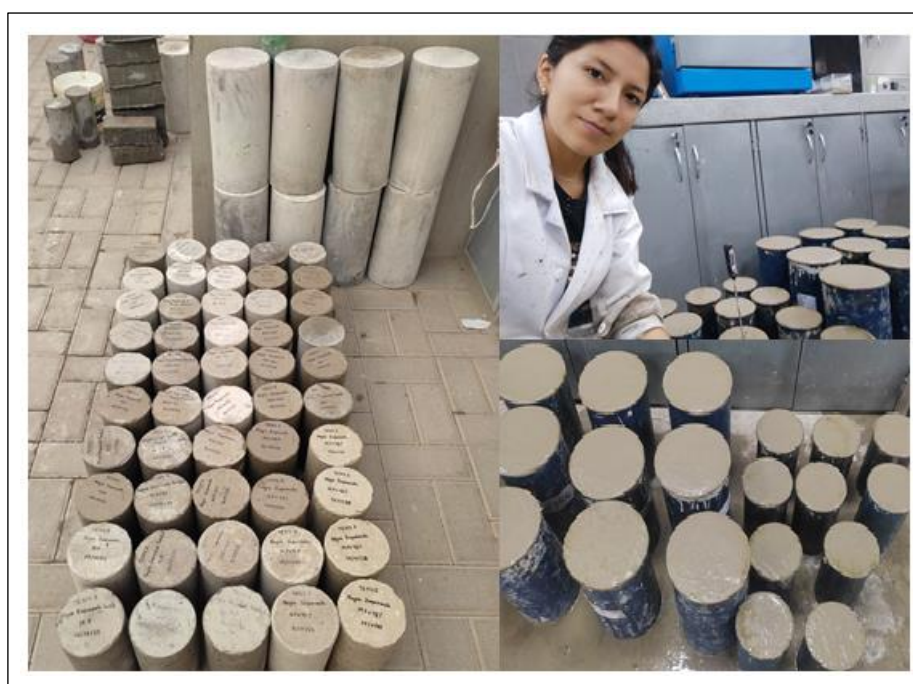


Anexo 45: Mezclado del agregado fino(arena) con el material fino



Anexo 46: Elaboración de probetas - materiales





Anexo 47: Elaboración del concreto



Anexo 48: Ensayo de contenido de aire



Anexo 49: Método de ensayo de cambios de longitud en vigas de concreto expuestas a sulfato de sodio





Anexo 50: Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra patrón



Anexo 51: Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra patrón + 9% MF



Anexo 52: Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra patrón + 12%MF



Anexo 53: Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra patrón + 15%MF



Anexo 54: Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra patrón + 18%MF



Anexo 55: Profundidad de penetración bajo presión de agua



Anexo 56: Profundidad de penetración bajo presión de agua + 9% MF



Anexo 57: Profundidad de penetración bajo presión de agua + 12% MF



Anexo 58: Profundidad de penetración bajo presión de agua + 15% MF



Anexo 59: Profundidad de penetración bajo presión de agua + 18% MF



Anexo 60: Módulo de elasticidad - muestra patrón



Anexo 61: Módulo de elasticidad - muestra patrón + 9% MF



Anexo 62: Módulo de elasticidad - muestra patrón + 12% MF



Anexo 63: Módulo de elasticidad - muestra patrón + 15% MF



Anexo 64: Módulo de elasticidad - muestra patrón + 18% MF



Anexo 65: Ensayo de módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson

