

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INFORME DE TESIS
"EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS
ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN
ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN
LA CIUDAD DE TACNA"

PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. Beyker Staling, NINA TORRES
Bach. Ever Efrain, CONDORI QUISPE

TACNA – PERÚ
2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

**“Evaluación E Influencia De Los Aditivos Acelerantes De
Fragua Y Endurecimiento En Especímenes De Concreto
Usando Cemento Tipo IP En La Ciudad De Tacna”**

Tesis sustentada y aprobada el 16 de mayo del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



ING. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA

SECRETARIO:



ING. CESAR JOSE AVENDAÑO JIHUALLANGA

VOCAL:



ING. MARIA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

ASESOR:



ING. MILTON CÉSAR GORDILLO MOLINA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

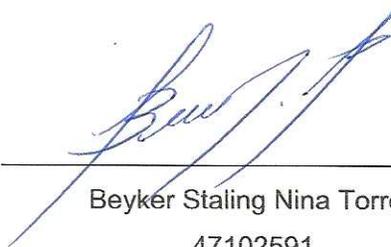
Yo, **EVER EFRAIN CONDORI QUISPE** con **DNI N° 41831736** y **BEYKER STALING NINA TORRES** con **DNI N° 47102591**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniera Civil - Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, declaramos bajo juramento que la tesis titulada: "**EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA**", no ha sido copiada ni parcial ni totalmente, acatando las normas internacionales de referencias y citas de los autores que han planteado conceptos utilizados en la presente investigación, cuyos datos se especifica de manera más íntegra en la Bibliografía.

En virtud de esta declaración, nos hacemos cargo del contenido, la autenticidad, la validez y relevancia del presente proyecto, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, mayo del 2018

LOS AUTORES

Ever Efrain Condori Quispe
41831736



Beyker Staling Nina Torres
47102591

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y bendecirme siempre, a mis padres que siempre estuvieron conmigo, dirigiéndome y preocupándose por mi día a día, a mis hermanos por siempre estar ahí en todo momento, a mi esposa que siempre me apoyo en todo momento, a mis suegros por sus consejos, apoyo incondicional y comprensión.

A todos mis amigos que me acompañaron durante todo este esfuerzo, para arribar a la meta, a la Universidad Privada de Tacna, a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y a todos los miembros que la conforman.

Ever Efrain Condori Quispe

Agradecimiento especial a mis padres que me dieron la vida y un gran apoyo siempre en mis estudios universitarios, los cuales también motivaron para que se realice el trabajo de tesis. Además de sus consejos y orientaciones que encaminaron hacia la culminación de este presente trabajo de investigación.

Agradecer a mis amigos por el apoyo y la gratitud que mostraron al facilitarme información necesaria para el desarrollo de esta tesis, además de ser motivadores incondicionales hasta que se dé la culminación del proyecto.

Beyker Staling Nina Torres

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Tacna por brindarnos todas las facilidades necesarias para el uso de los equipos y del laboratorio de ensayo de materiales.

A todos los docentes de la Universidad Privada de Tacna de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos y sus orientaciones que nos brindaron para lograr una buena formación profesional.

A nuestro asesor, al Ing. Milton Gordillo Molina, por su orientación a encaminar esta investigación y por acompañarnos durante el desarrollo de la tesis con sus conocimientos para concluir este proyecto.

A nuestros amigos y compañeros de estudios, por el apoyo incondicional durante la realización del presente proyecto de investigación.

Gracias Dios, a nuestros padres y familiares, porque ellos son el motivo y el apoyo moral e incondicional para lograr cualquier meta.

Los Autores

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
INDICE GENERAL	5
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE ANEXOS	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	19
1.4. OBJETIVOS	20
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.5. HIPÓTESIS	20
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	20
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	20
1.6. IDENTIFICACIÓN Y/O CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	21
1.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE	21
1.6.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. LOS ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	22
2.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	22
2.2.2. A NIVEL NACIONAL.....	24
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.2.1. EL CONCRETO.....	25
2.2.2. EL CEMENTO	28
2.2.3. LOS AGREGADOS.....	31
2.2.4. EL AGUA.....	36
2.2.5. LOS ADITIVOS.....	37

2.2.7. ACELERANTE CHEMA 3	42
2.2.8. ACELERANTE CHEMA ESTRUCT	45
2.2.9. ACELERANTE SIKARAPID 1	47
2.2.10. EL DISEÑO DE MEZCLAS	49
2.2.11. LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (NTP 339.034).....	54
2.3. ANALISIS ESTADISTICO	56
2.3.1 PRINCIPIOS ESTADÍSTICOS DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN.....	56
2.3.2 DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR	57
2.3.3 TEST DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN	62
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	65
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	70
3.1. EL TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	70
3.1.1. EL TIPO DE INVESTIGACIÓN	70
3.1.2. EL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	70
3.2. LA POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	70
3.2.1. LA POBLACION DE ESTUDIO	70
3.2.1. LA MUESTRA DE ESTUDIO	71
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	72
3.3.1. EL MUESTREO DE LOS AGREGADOS	72
3.3.2. LA GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS.....	72
3.3.3. EL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS.....	73
3.3.4. EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS	75
3.3.5. EL CONTENIDO DE HUMEDAD	77
3.4. EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	78
3.4.1. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....	78
3.4.2. EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.....	81
3.4.3. EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	82
3.4.4. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.....	83
3.4.5. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO	83
3.4.6. EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO	86
3.4.7. EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ..	86
3.4.8. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.....	87
3.4.9. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - MUESTRA PATRÓN	88
3.4.10. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - CHEMA3	92
3.4.11. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - CHEMA ESTRUCT.....	92
3.4.12. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - SIKARAPID 1	93

3.4.13. LA ELABORACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO (NTP 339.183)	93
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	96
4.1. EL RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS	96
4.2. EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS	102
4.3. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 3 DÍAS	104
4.4. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 7 DÍAS	109
4.5. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 14 DÍAS	115
4.6. LA REGRESION LINEAL	120
4.7. EL COMPORTAMIENTO DEL F´C DURANTE EL ENSAYO.....	125
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	128
CONCLUSIONES.....	130
RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS	134

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Límites de granulometría para el agregado fino</i>	32
Tabla 2. <i>Clasificación de la arena por su módulo de finura</i>	32
Tabla 3. <i>Límites de granulometría para el agregado grueso</i>	33
Tabla 4. <i>Resistencia a la compresión promedio ACI</i>	50
Tabla 5. <i>Resistencia a la compresión promedio RNE</i>	50
Tabla 6. <i>Consistencia y asentamientos</i>	51
Tabla 7. <i>Requerimientos aprox. de agua de mezclado y de contenido de aire</i>	51
Tabla 8. <i>Relación agua/cemento de diseño</i>	52
Tabla 9. <i>Requisitos para condiciones especiales de exposición</i>	53
Tabla 10. <i>Volumen de agregado grueso</i>	54
Tabla 11. <i>Modelo de Análisis de varianza, con las formulas correspondientes para su elaboración.</i>	61
Tabla 12. <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	78
Tabla 13. <i>Análisis granulométrico del agregado fino corregido</i>	79
Tabla 14. <i>Peso unitario suelto del agregado fino (PUS)</i>	81
Tabla 15. <i>Peso unitario compactado del agregado fino (PUC)</i>	81
Tabla 16. <i>Peso específico del agregado fino</i>	82
Tabla 17. <i>Porcentaje de absorción del agregado fino</i>	82
Tabla 18. <i>Contenido de humedad del agregado fino</i>	83
Tabla 19. <i>Granulometría del agregado grueso</i>	83
Tabla 20. <i>Granulometría del agregado grueso corregido</i>	84
Tabla 21. <i>Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS)</i>	86
Tabla 22. <i>Peso unitario compactado del agregado grueso (PUC)</i>	86
Tabla 23. <i>Peso específico del agregado grueso</i>	86
Tabla 24. <i>Porcentaje de absorción del agregado grueso</i>	87
Tabla 25. <i>Contenido de humedad del agregado grueso</i>	87
Tabla 26. <i>Características de los materiales</i>	88
Tabla 27. <i>Resistencia a la compresión a los 3 días, T1, Sin Aditivo.</i>	96
Tabla 28. <i>Resistencia a la compresión a los 3 días, T2, Aditivo SikaRapid1</i>	97
Tabla 29. <i>Resistencia a la compresión a los 3 días, T3, Aditivo Chema 3</i>	97
Tabla 30. <i>Resistencia a la compresión a los 3 días, T4, Aditivo Chema Estruct</i>	98
Tabla 31. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días, T1, Sin Aditivo</i>	98
Tabla 32. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días, T2, Aditivo SikaRapid1</i>	99
Tabla 33. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días, T3, Aditivo Chema 3</i>	99
Tabla 34. <i>Resistencia a la compresión a los 7 días, T4, Aditivo Chema Estruct</i> ..	100

Tabla 35. Resistencia a la compresión a los 14 días, T1, Sin Aditivo	100
Tabla 36. Resistencia a la compresión a los 14 días, T2, Aditivo SikaRapid1	101
Tabla 37. Resistencia a la compresión a los 14 días, T3, Aditivo Chema 3	101
Tabla 38. Resistencia a la compresión a los 14 días, T4, Aditivo Chema Estruct	102
Tabla 39. Promedio del tratamiento (Sin aditivo) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.	103
Tabla 40. Promedio del tratamiento (Aditivo SikaRapid1) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.	103
Tabla 41. Promedio del tratamiento (Aditivo Chema 3) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.	103
Tabla 42. Promedio del tratamiento (Aditivo Chema Estruct) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.	104
Tabla 43. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión (kg/cm ²) de espécimen de concreto	104
Tabla 44. Prueba de significación de Duncan de Resistencia a la compresión (kg/cm ²) de especímenes de concreto a la aplicación de tratamientos	105
Tabla 45. Correlación lineal entre la variable diámetro (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm ²) de especímenes de concreto	106
Tabla 46. Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable diámetro de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm ²).	107
Tabla 47. Correlación lineal entre la variable altura (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm ²) de especímenes de concreto	107
Tabla 48. Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable altura de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm ²).	108
Tabla 49. Correlación lineal entre la variable Peso (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm ²) de especímenes de concreto	108
Tabla 50. Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable peso de espécimen de concreto (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm ²).	109
Tabla 51. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión (kg/cm ²) de espécimen de concreto	109
Tabla 52. Prueba de significación de Duncan de Resistencia a la compresión (kg/cm ²) de especímenes de concreto a la aplicación de tratamientos.	110
Tabla 53. Correlación lineal entre la variable diámetro (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm ²) de especímenes de concreto	111
Tabla 54. Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable diámetro de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm ²).	112

Tabla 55. <i>Correlación lineal entre la variable altura (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a los siete días.</i>	112
Tabla 56. <i>Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable altura de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).</i>	113
Tabla 57. <i>Correlación lineal entre la variable Peso (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.</i>	113
Tabla 58. <i>Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable peso de espécimen de concreto (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²).</i>	114
Tabla 59. <i>Análisis de varianza de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de espécimen de concreto.</i>	115
Tabla 60. <i>Prueba de significación de Duncan de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a la aplicación de tratamientos.</i>	116
Tabla 61. <i>Correlación lineal entre la variable diámetro (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.</i>	117
Tabla 62. <i>Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable diámetro de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).</i>	118
Tabla 63. <i>Correlación lineal entre la variable altura (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a los 14 días.</i>	118
Tabla 64. <i>Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable altura de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).</i>	119
Tabla 65. <i>Correlación lineal entre la variable Peso (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.</i>	119
Tabla 66. <i>Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable peso de espécimen de concreto (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²).</i>	120
Tabla 67. <i>Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto del tratamiento (Sin Aditivo).</i>	120
Tabla 68. <i>Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto del tratamiento (Aditivo SikaRapid-1).</i>	121
Tabla 69. <i>Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto del tratamiento (Chema 3).</i>	122
Tabla 70. <i>Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto del tratamiento (Chema Estruct).</i>	123
Tabla 71. <i>Resultados de F'c de los especímenes de concreto alterados con la aplicación de aditivos, durante 14 días.</i>	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del Concreto.....	26
Figura 2. Ordenamiento que se tiene T tratamientos que se quieren comparar en B bloques.....	58
Figura 3. Ordenamiento para el procesamiento de los datos del diseño experimental.....	59
Figura 4. Nomenclatura para el procesamiento de datos de bloques y tratamientos.....	59
Figura 5. Distribución de tratamientos.....	71
Figura 6. Curva granulométrica del agregado fino.....	80
Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso.....	85
Figura 8. Aleatorización de los tratamientos, para cada unidad experimental, con cuatro bloques.....	102
Figura 9. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, según los tratamientos a los 3 días.....	106
Figura 10. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable diámetro y resistencia a la compresión.....	107
Figura 11. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable altura y resistencia a la compresión.....	108
Figura 12. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable peso y resistencia a la compresión a los tres días.....	109
Figura 13. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, según los tratamientos a los siete días.....	111
Figura 14. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable diámetro y resistencia a la compresión a los siete días.....	112
Figura 15. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable altura y resistencia a la compresión a los siete días.....	113
Figura 16. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable peso y resistencia a la compresión a los siete días.....	114
Figura 17. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, según los tratamientos a los 14 días.....	117
Figura 18. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable diámetro y resistencia a la compresión a los 14 días.....	118
Figura 19. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable altura y resistencia a la compresión a los 14 días.....	119

Figura 20. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable peso y resistencia a la compresión a los 14 días.....	120
Figura 21. Ecuación de la regresión lineal de los 3 a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm ²), Sin aditivo.....	121
Figura 22. Ecuación de la regresión lineal de los 3 a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm ²), con aditivo SikaRapid1.	122
Figura 23. Ecuación de la regresión lineal de los tres a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm ²), con aditivo Chema 3.....	123
Figura 24. Ecuación de la regresión lineal de los tres a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm ²), con aditivo Chema Estruct.	124
Figura 25. Comportamiento de los especímenes t ₁ ,t ₂ ,t ₃ ,t ₄ sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm ²), durante los 14 días.....	125
Figura 26. Comportamiento de 12 especímenes t ₁ , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm ²), a los 14 días.....	126
Figura 27. Comportamiento de 12 especímenes t ₂ , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm ²), a los 14 días.....	126
Figura 28. Comportamiento de 12 especímenes t ₃ , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm ²), a los 14 días.....	127
Figura 29. Comportamiento de 12 especímenes t ₄ , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm ²), a los 14 días.....	127

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja Técnica CEMENTO PORTLAND 1P	134
Anexo 2. Hoja Técnica SIKARAPID 1	138
Anexo 3. Hoja Técnica CHEMA 3	141
Anexo 4. Hoja Técnica CHEMA ESTRUCT.....	143
Anexo 5. Panel fotográfico	146
Anexo 6. Tablas estadísticas	169
Anexo 7. Certificados del control de calidad del concreto.	175
Anexo 8. Matriz de consistencia.....	182

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de evaluar la influencia de los aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento sobre la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento Portland Tipo IP y agregados de la cantera Arunta, en la ciudad de Tacna.

A los agregados utilizados durante el desarrollo de la presente investigación (grueso y fino), se les realizó los respectivos ensayos indicados en la norma ASTM para averiguar sus propiedades físicas, mientras que las propiedades físicas del cemento y los aditivos de fragua y endurecimiento fueron proveídas por los fabricantes. La dosificación de los aditivos que se utilizó fue en base a las especificaciones técnicas de los aditivos Acelerantes de fragua y endurecimiento CHEMA 3, CHEMA ESTRUCT y SIKARAPID 1.

Para la investigación se elaboró 36 especímenes de concreto normal (muestra patrón) y 36 especímenes de concreto por cada tipo de acelerante de fragua y endurecimiento utilizado (CHEMA 3, CHEMA ESTRUCT y SIKARAPID 1), de los cuales se probaría su resistencia a la compresión a los 3, 7, 14 días y así poder cuantificar la resistencia obtenida. El porcentaje utilizado de acelerante de fragua y endurecimiento fue una dosis óptima de aditivo recomendada según el fabricante.

Finalmente se determinó que en la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ hubo diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor promedio se obtuvo con la aplicación de Aditivo Chema Estruct con un promedio de $239,512 \text{ kg/cm}^2$, en segundo lugar, por orden de méritos a los 14 días, se da en los especímenes con la aplicación de aditivo SikaRapid-1 con un promedio de $235,658 \text{ kg/cm}^2$. Los especímenes con aplicación de aditivo Chema 3 y Sin aditivo ocupan los últimos lugares, siendo estadísticamente similares.

ABSTRACT

The present research work has the purpose of evaluating the influence of the accelerating additives of forge and hardening on the resistance to the compression of the concrete specimens of $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, using IP Type Portland cement and aggregates of the Arunta quarry, in the city of Tacna.

To the aggregates used during the development of the present investigation (coarse and fine), they were made the respective tests indicated in the ASTM standard to find out their physical properties, while the physical properties of the cement and the additives of forge and hardening were provided by the manufacturers. The dosage of the additives that was used was based on the technical specifications of the accelerators for setting and hardening CHEMA 3, CHEMA ESTRUCT and SIKARAPID 1.

For the investigation, 36 specimens of normal concrete (standard sample) and 36 concrete specimens were prepared for each type of forge accelerator and hardening used (CHEMA 3, CHEMA ESTRUCT and SIKARAPID 1), from which their compressive strength would be tested. at 3, 7, 14 days and thus be able to quantify the resistance obtained. The percentage used of hardening accelerator and hardening was an optimum dose of additive recommended by the manufacturer.

Finally, it was determined that in the compressive strength of the concrete specimens of $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ there were significant differences between the treatments. The highest average was obtained with the application of Chema Estruct Additive with an average of $239,512 \text{ kg / cm}^2$, secondly, by order of merit at 14 days, it is given in the specimens with the application of additive SikaRapid-1 with an average of $235.658 \text{ kg / cm}^2$. The specimens with application of Chema 3 additive and No additive occupy the last places, being statistically similar.

INTRODUCCIÓN

La utilización de aditivos químicos para el concreto en la construcción de edificios, canales, reservorios, represas, pavimentos, puentes, obras de arte, etc. es cada vez más habitual. En el concreto se emplean de forma provechosa dado que proporcionan a este material características específicas prácticas que difícilmente podrían conseguirse a través de otros procedimientos si lo que busca es disminuir plazos y reducir costos.

Los aditivos son materiales orgánicos o inorgánicos que alteran ciertas propiedades de la pasta pura, del mortero o del concreto gracias a una acción química o físico - química. El aditivo es incorporado en el momento de la elaboración del concreto en forma de polvo o líquido.

Los aditivos se pueden clasificar de acuerdo a las propiedades que confieren al concreto fresco o endurecido; así, se pueden tener aditivos plastificantes, reductores de agua, retardantes, inclusores de aire, acelerantes de fragua y/o resistencia, etc.

Con relación a los aditivos acelerantes, ellos permiten conseguir concretos que ofrecen un menor tiempo de fragua y/o mayores resistencias iniciales, lo cual es muy valorado en las distintas etapas del proceso constructivo. Actualmente hay una gran variedad de estos productos en el mercado razón por el cual es necesaria una comprobación constante sobre el cumplimiento de las especificaciones técnicas contenidas en la normatividad vigente y en la información suministrada por los propios fabricantes o proveedores.

Los aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento más comerciales utilizados en Tacna, son el Chema 3, Chema Estruct y el SikaRapid 1, para construcciones de concreto simple y concreto armado, los cuales fueron comparados mediante el presente estudio experimental, para determinar la resistencia a compresión mediante especímenes de concreto a los 3, 7 y 14 días.

El presente trabajo de investigación ha sido dividido en cinco capítulos:

El Capítulo I, corresponde al Planteamiento del problema, en el cual se desarrolló la descripción del problema, la formulación del problema, la justificación e

importancia, el objetivo general, así como los objetivos específicos, la hipótesis general y las hipótesis específicas.

En el Capítulo II, se desarrolló el Marco Teórico, donde se describen los antecedentes de la investigación tanto internacionales como locales, las bases teóricas del concreto y sus componentes, el cemento, los agregados, el agua, los aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento, el procedimiento para diseño de mezclas y sobre resistencia a la compresión de los especímenes de concreto.

El Capítulo III, describe el Marco Metodológico, en donde se muestra el tipo investigación, el diseño de la investigación, la población de estudio, la muestra de estudio, las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos, y sobre el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio.

El Capítulo IV, corresponde a los Resultados de la investigación, donde se muestran los resultados de los distintos tratamientos realizados al concreto, mostrados en tablas y gráficos, con el respectivo análisis y comentario de dichos resultados, y así mismo se muestra la regresión lineal y el comportamiento de la resistencia durante el ensayo.

El Capítulo V, corresponde a la Discusión, en donde se muestra comparación con los diferentes resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Por último, se muestran las conclusiones y las recomendaciones del presente trabajo, la bibliografía utilizada y los respectivos anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la construcción de estructuras que involucren el uso de concreto en el Perú y en la ciudad Tacna, se encuentra en su mayor apogeo, construyendo edificaciones de departamentos de más de 5 niveles, es por esa razón la búsqueda de aditivos químicos que se le pueden agregar al cemento portland IP, para conseguir un menor tiempo de fragua y/o mayores resistencias iniciales a edades tempranas, y así poder aumentar la calidad del concreto y mejorar la eficacia de los procesos constructivos durante el desarrollo de un proyecto de construcción.

El concreto es un compuesto de gran importancia en la zona de Tacna, el cual es utilizado como material para la construcción de viviendas, desconociendo que las propiedades del concreto pueden ser mejoradas; la mayoría de las edificaciones fueron realizadas sin la incorporación de aditivos químicos, por falta de información sobre las cualidades que le brindan a la mezcla de concreto, es por esta razón que se plantea investigar el aditivo acelerante de fragua y endurecimiento comercial que es superior en la ciudad de Tacna.

En la actualidad existen una variedad de materiales que pueden ser utilizados como aditivos, con elevadas propiedades y de mejor rendimiento contra las inclemencias del medio ambiente, por la formación de concretos con nuevas características. La utilización de aditivos tiene dos propósitos fundamentales en la pasta pura, del mortero o del concreto, los cuales son conseguir un menor tiempo de fraguado y obtener mayores resistencias iniciales a edades tempranas, pudiendo ser cumplidos los dos a la vez o alguno de ellos dependiendo del caso.

Paso a paso y gracias a recientes estudios se puede observar la gran ayuda y mejoras que se pueden lograr con los aditivos químicos. Es importante tener en cuenta que la eficiencia de un acelerante puede depender de la cantidad de aditivo que se le agregue al cemento, y del tipo de cemento, ya que aquellos que son altamente adicionados tendrán un nivel de resistencia bajo y baja capacidad de aceleración.

Debido a la falta de información de la población Tacneña, existen viviendas con problemas en las estructuras de concreto que tienen un contacto directo con el suelo y muchas veces la población elige productos de menor precio en el mercado, además

de no saber en realidad cuál de los aditivos acelerantes tienen un mejor desempeño, hasta una incredulidad respecto a sus propiedades.

Según lo anterior expuesto y lo interesante que resulta ser el tema, se plantea un plan de investigación relacionada a la aplicación de distintos tipos de aditivos acelerantes de fraguado en concreto, evaluando los resultados que se obtienen de acuerdo a su desempeño y las propiedades de cada una de ellas, de tal manera que se pueda definir cuál de los aditivos que se ensayaran resultara superior al otro.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el aditivo que tiene mejor desempeño al reducir el tiempo de fraguado e incrementar las resistencias iniciales a edades tempranas del concreto con cemento Tipo IP?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este trabajo se justifica en la medida en que garantiza obtener un pronto desempeño del concreto con cemento tipo IP, con la aplicación de aditivos que aceleren el fraguado y endurecimiento incrementando la resistencia a la compresión.

Así mismo el presente trabajo de investigación sirve como antecedente sobre los diferentes estudios realizados al concreto con la incorporación de distintos aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento, como el Chema 3, Chema Estruct y Sika Rapid 1, el porcentaje utilizado fue una dosis optima de aditivo recomendada según el fabricante, empleando agregados fino y grueso de la cantera de Arunta de la ciudad de Tacna y cemento portland IP, diseñado según el método del comité 211 ACI, los resultados serán contrastados con una muestra patrón principalmente sobre las propiedades de asentamiento y la resistencia a la compresión.

Ante el progreso de la industria química a nivel nacional e internacional, la poca o nula información suministrada por algunos fabricantes sobre la composición química de sus aditivos, no ayuda al conocimiento del comportamiento y correcta utilización de los aditivos.

Las conclusiones del presente trabajo de investigación, proporcionará a los constructores de la ciudad de Tacna tener una mejor perspectiva referente a la selección del aditivo, lo que favorecerá al comportamiento del concreto y a una correcta utilización del mismo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el aditivo acelerante de fragua y endurecimiento que presente mayor efectividad en el incremento de la resistencia a la compresión a edades tempranas a los 3, 7 y 14 días, usando cemento Portland tipo IP, para un concreto con un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Tacna.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diseño de mezclas del concreto con cemento tipo IP de resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando el método ACI 211.
- Evaluar el nivel de efectividad del aditivo acelerante de fragua y endurecimiento que genera mayor resistencia a la compresión a edades tempranas del concreto usando cemento Portland IP en la ciudad de Tacna.
- Analizar el mayor grado de asociación de variables Peso Unitario, Diámetro, Altura de los especímenes de concreto con la resistencia a la compresión del concreto a los 3, 7 y 14 días.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

- “La aplicación de aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento tienen un efecto significativo en incrementar una mayor resistencia a la compresión del concreto a edades tempranas con cemento tipo IP; bajo las condiciones de la ciudad de Tacna”

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- Hay una alta incidencia de las propiedades de los agregados y del cemento Portland Tipo IP en la resistencia del concreto.
- Hay una alta incidencia del acelerante de fragua y endurecimiento en la resistencia inicial a la compresión del concreto.
- Hay una alta incidencia de las variables peso unitario, diámetro y altura con la resistencia a la compresión a edades tempranas.

1.6. IDENTIFICACIÓN Y/O CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES

1.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE

La resistencia a la comprensión del concreto a edades tempranas.

1.6.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Los tipos de aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento, cemento, agua y agregados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. LOS ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El empleo de aditivos para el concreto viene desde la época romana. Hay quienes creen que los primeros aditivos utilizados fueron la sangre y la clara de huevo.

Hacia los años 1850 se consolida el desarrollo y la fabricación del cemento Portland que se utiliza en la actualidad. En esos tiempos se utilizaba yeso y cloruro de calcio para obtener fraguas más regulares. Hacia 1875-1890 los albañiles franceses agregaban en obra, al cemento sin yeso aún, cantidades variables de sulfato de calcio (yeso vivo) para controlar el fraguado de la pasta. La adición de cloruro de calcio fue patentada hacia 1885. CANDLOT en 1888 realizó investigaciones acerca de la acción de este producto y mostró que, según la dosis empleada, podía ser utilizado como acelerante y a mayores dosificaciones como retardador. También efectuó ensayos con mezclas empleando agua de mar para determinar sus efectos sobre la fragua y la resistencia.

En la actualidad, el concepto de concreto comprende cuatro componentes básicos donde se conoce como elemento pasivo al aire y como elementos activos al agua, al agregado, al cemento y los aditivos.

El uso de aditivos acelerantes es cada vez más habitual en las construcciones por lo que es necesario investigar tanto los porcentajes recomendados por los fabricantes como su influencia en la composición química del cemento. Por lo tanto, es necesario resaltar que el comportamiento de los aditivos debe estar oportunamente estudiado antes de su uso en obras de construcción en el mercado nacional, regional y local.

2.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Santiago Patricia (2011), en su tesis "*Diferentes Tipos De Aditivos Para El Concreto*", concluye lo siguiente:

Se establecieron los usos de acuerdo a las normatividades establecidas para su uso, se explica las condiciones ambientales a las que se trabaja el concreto y el tipo de Aditivos que existen en el mercado hoy en día para su trabajabilidad.

Así también el uso de acuerdo a las condiciones de diseño y resistencia a la que será trabajado el concreto, se exponen una gama de productos que se pueden conseguir en el mercado y otros más que la propia concretera lo suministra en el momento de solicitar la mezcla de concreto. (p.84)

La experiencia que me deja el haber desarrollado este trabajo de monografía, es el haber adquirido el conocimiento sobre un punto importantísimo en la mezcla de los concretos como lo son los Aditivos, el uso adecuado de estos que nos permitirá tener mezclas más confiables según los requerimientos técnicos del cliente, del diseño y de proveedor. El haber trabajado este tema me llevo a conocer el uso adecuado para cada tipo de Aditivo, su funcionamiento en la mezcla y que no solo es usar el Aditivo por usarlo, sino que hay que cumplir con ciertas normatividades y estándares que se han desarrollado para los diferentes tipos de Aditivos que existen en el mercado, como se menciona en el capítulo III. Su uso y su importancia en nuestros días conllevan a la mejora en la calidad de las mezclas del concreto en ambientes poco favorables que nos permitirán mantener la humedad de la mezcla y obtener la resistencia óptima para cada elemento a colarse. (p.84)

Castellon Corrales & De la Osa Arias (2013), en su tesis *“Estudio Comparativo De La Resistencia a La Compresión De Los Concretos Elaborados Con Cementos Tipo I y Tipo III, Modificados Con Aditivos Acelerantes y Retardantes”*, concluye:

Para la buena elaboración del concreto y sus resultados óptimos, es de gran importancia que el ingeniero siga las proporciones que especifica el diseño de mezcla, así mismo debe regirse a las normas y especificaciones que garanticen una buena calidad del mismo. (p.101)

Conocer los tiempos de fraguado inicial y final, es importante porque así se puede estimar el tiempo disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar y afinar concreto en obra, así como para curarlo y colocarlo en servicio. (p.102)

La dosificación de los aditivos debe hacerse siguiendo las instrucciones de los fabricantes, pues utilizados en cantidades menores o mayores a las recomendadas no producen los efectos deseados sobre la resistencia del concreto. (p.102)

2.2.2. A NIVEL NACIONAL

Torres Alayo (2004), en su tesis "*Estudio De La Influencia De Aditivos Acelerantes Sobre Las Propiedades Del Concreto*", concluye lo siguiente:

Los estudios de aditivos acelerantes desarrollados en tesis FIC-UNI demuestran que un aditivo acelerante no siempre se comportará como tal, es decir, el efecto del aditivo sobre el concreto no siempre será el mismo, el comportamiento de un aditivo depende del tipo de cemento empleado, la relación agua/cemento del diseño, el porcentaje de aditivo utilizado, etc., dependiendo de estos factores un aditivo se comportará como acelerante, retardante, o no influirá en las propiedades del concreto. (p.344)

No se puede afirmar que un aditivo acelerante se comportará como tal para una proporción de aditivo dada, ya que muchas veces la cantidad óptima de aditivo usada varía de acuerdo a la relación agua/cemento del diseño de mezcla. (p.344)

Gomero Cervantes (2006), en su tesis "*Aditivos y Adiciones Minerales Para El Concreto*", concluye:

El empleo de adiciones requiere obligatoriamente que éstas tengan actividad puzolánica, y que el concreto tenga hidróxido de calcio libre para reaccionar con la adición en presencia del agua y formar silicato de calcio hidratado (tobermorita). (p.232)

Los diferentes tipos de aditivos y los cambios y combinaciones de ellos afectan a las propiedades al estado plástico y endurecido de los concretos en general y de los de alta resistencia en particular. Su empleo debe estar condicionado a las propiedades que se desea modificar y a las recomendaciones del fabricante complementadas con las de esta tesis. (p.233)

Tengan Shimabukuro (2011), en su tesis "*Análisis Comparativo De Aditivos Acelerantes De Fragua Libres De Alcalis Para Concreto Proyectado O Shotcrete*", concluye lo siguiente:

Para lograr una óptima comparación de aditivos, todos los ensayos deben realizarse con el mayor control de calidad posible de los materiales, los equipos

y los procedimientos. Esto puede ser ampliado finalmente para la comparación de cualquier otro tipo de material, ya sea analizado mediante normativa internacional o por la performance de dicho material a comparar. (p.150)

Para los valores de resistencia final, se observa que en su mayoría la pérdida de resistencia no pasa del 10% en comparación del concreto patrón. Para los casos donde este porcentaje es mayor, se concluye que el aditivo ha sido sobre dosificado y se traduce en una pérdida desmedida y considerable de la resistencia final. (p.151)

Quispe Zarate & Rivas Arce (2013), en su tesis "*Estudio comparativo del diseño de mezclas de concreto convencional utilizando diferentes aditivos acelerantes de resistencia; con agregados de las canteras tres tomas y la victoria de la región de Lambayeque*", concluye:

El diseño del concreto con acelerante de resistencia de mejores resistencias tempranas fue el concreto con aditivo SIKA RAPID 1, en la dosificación superior, añadiendo 3.00% (respecto al peso del cemento), un concreto curado utilizando cemento MS obteniendo una resistencia a la compresión de $f'c = 312$ kg/cm² en 28 días. (p.138)

El análisis meticuloso del resultado de investigaciones sobre acelerantes para mezclas de cemento, efectuadas a través de tesis profesionales, muestran que estos productos comerciales no llegan a cumplir estrictamente con todos los requisitos técnicos especificados en las normas y/o en las fichas del fabricante. Esta no conformidad está referida a los tiempos de fraguado y a los incrementos en la resistencia a la compresión, principalmente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EL CONCRETO

Para Rivva López (2000) "El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado" (p.8).

El concreto es una mezcla de pasta de cemento (cemento + agua + vacíos), agregados y eventualmente otros productos (aditivos y/o adiciones). La pasta de cemento, el componente activo, envuelve los agregados (que se suponen inertes) y llena los espacios entre ellos. Ella actúa primero como un lubricante, y luego como un adhesivo. Las burbujas de aire pueden subsistir después de la colocación del concreto. Los agregados de uso más común son la arena y la grava, o rocas trituradas. (Salamanca Correa, 2001, p.34)

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (Pasquel Carbajal, 1998, p.11)

Componentes del Concreto

La Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998, p.13)



Figura 1. Componentes del Concreto.

Fuente: Elaboración Propia

Propiedades del concreto (Estado Endurecido)

Impermeabilidad

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Abanto Castillo, 2009, p.57)

Durabilidad

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inductor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Abanto Castillo, 2009, p.58)

Resistencia a compresión

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. (Pasquel Carbajal, 1998, p.153)

Tipos de concreto

Según Abanto Castillo (2009), se clasifican en:

Concreto Simple. Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (p.12)

Concreto Armado. Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (p.13)

Concreto Estructural. Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida en el diseño y una durabilidad adecuada. (p.13)

Importancia del Concreto

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende de forma muy importante de la calidad de los materiales y de la mano de obra, es importante poner atención a la preparación, colocación y cuidados de éste para que en estado endurecido cumpla con los requisitos de resistencia y durabilidad esperados. (Sencico, 2014, p.13)

Cada día la tecnología del concreto avanza, esto se traduce a nuevos tipos de concretos, más durables, más resistentes, con características especiales para solucionar diferentes problemas, suplir diferentes necesidades, es por ello que no solo en el país, sino en el mundo, el concreto es y será por muchos años más el principal material usado en la construcción de puentes, edificios, hospitales, viviendas, pistas, veredas, aeropuertos, puertos, centrales hidroeléctricas, entre otros. (Sencico, 2014, p.13)

2.2.2. EL CEMENTO

“Se define como un material pulverizado que posee la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forma una pasta conglomerante o aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables” (Sencico, 2014, p.9).

Cemento Portland

Torre C. (2004) afirma que:

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda. (p.5)

“El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad” (Torre C., 2004, p.5).

Cemento Pórtland Puzolanico

Es aquel cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de clinker Pórtland y puzolana con adición de Sulfato de calcio: El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15 y 40% en peso total. La puzolana debe ser un material arcilloso o silico-aluminoso que por si mismo puede tener poco o ninguna actividad hidráulica pero que finamente dividida y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas. (Torre C., 2004, p.6)

Fabricación del cemento portland

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400-1450 C°), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 mts de longitud y 5.50 mts de diámetro.

Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina «clinker» (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños). El clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 ó 4 %), para regular la fragua del cemento. (Abanto Castillo, 2009, p.15)

Tipos de Cemento Portland (NTP 334.009)

- “Tipo I, de uso normal, cuando no se requiere ninguna característica especial, se usa en toda obra civil normal” (Sencico, 2014, p.10).
- “Tipo II, cemento de moderado calor de hidratación y resistencia moderada a la acción de los sulfatos, se usa cuando se requiere una resistencia moderada a la acción de los sulfatos y moderado calor de hidratación” (Sencico, 2014, p.10).
- “Tipo III, cemento de altas resistencias iniciales, se utiliza cuando se requiere una rápida puesta de servicio de la estructura de concreto o ganancias rápidas de resistencia” (Sencico, 2014, p.10).
- “Tipo IV, cemento de bajo calor de hidratación, se utiliza para la fabricación de concretos masivos” (Sencico, 2014, p.10).
- “Tipo V, cemento de alta resistencia al ataque de los sulfatos, se utiliza en zonas donde la presencia de los sulfatos es elevada” (Sencico, 2014, p.10).

Tipos de Cemento Puzolánico (NTP 334.090)

- “Cemento Tipo IP, es un cemento portland Tipo I que tiene una adición puzolánica entre 15 - 45%, se utiliza en obras donde se requiere bajo calor de hidratación y altas resistencias al ataque de los sulfatos” (Sencico, 2014, p.10).
- “Cemento Tipo IPM, es un cemento portland Tipo I que tiene una adición puzolánica hasta un 15%, se utiliza en obras donde se requiere un moderado calor de hidratación y resistencias moderadas al ataque de los sulfatos” (Sencico, 2014, p.10).

Tipo de cemento Adicionado (NTP 334.090)

- Cemento Tipo IS, es un cemento portland Tipo I que tiene una adición de escorias de altos hornos finamente molidas entre 25 - 70%, se utiliza en obras donde se requiere bajo calor de hidratación y altas resistencias al ataque de los sulfatos. (Sencico, 2014, p.10)
- Cemento Tipo ISM, es un cemento portland Tipo I que tiene una adición de escorias de altos hornos finamente molidas hasta un 15%, se utiliza en obras donde se requiere un moderado calor de hidratación y resistencias moderadas al ataque de los sulfatos. (Sencico, 2014, p.10)

Tipo de Cemento Especificación De Su Performance (NTP 334.082)

Según Torre C. (2004), sus tipos son:

- “Tipo GU: Uso general” (p.15).
- “Tipo HE: De alta resistencia inicial” (p.15).
- “Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos” (p.15).
- “Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos” (p.15).
- “Tipo MH: De moderado calor de hidratación” (p.15).
- “Tipo LH: De bajo calor de hidratación” (p.15).

2.2.3. LOS AGREGADOS

Rivera López (s.f.) afirma que: “Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto” (p.41).

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad etc. (Pasquel Carbajal, 1998, p.69)

Clasificación

Según Abanto Castillo (2009) afirma que: “Los agregados naturales se clasifican en:

- a) Agregados finos (arena fina, arena gruesa)
- b) Agregados gruesos (grava, piedra)” (p.23).

Agregado fino

Rivva López (2000) “define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el Tamiz NTP 9.4 mm (3/8”) y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33” (p.179).

“El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente

angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto” (Rivva López, 2000, p.179).

Granulometría

“El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites:” (Rivva López, 2000, p.180).

Tabla 1.

Límites de granulometría para el agregado fino

Tamiz		% que pasa
3/8"	9.5 mm	100
Nro. 4	4.75 mm	95 a 100
Nro. 8	2.36 mm	80 a 100
Nro. 16	1.18 mm	50 a 85
Nro. 30	600 um	25 a 60
Nro. 50	300 um	10 a 30
Nro. 100	150 um	2 a 10

Fuente: Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

“El agregado fino deberá tener no más de 45 por ciento retenido entre 2 tamices consecutivos de los indicados en la tabla anterior” (Salguero Girón, 2004, p.2).

Tabla 2.

Clasificación de la arena por su módulo de finura

Tipo	Módulo de finura
Gruesa	2.9 - 3.2 gramos
Media	2.2 - 2.9 gramos
Fina	1.5 - 2.2 gramos
Muy fina	1.5 gramos

Fuente: Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

Salguero Girón (2004), afirma que:

El módulo de finura no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 y si varía más del 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones para concreto, deberá ser rechazado a menos que se verifiquen ajustes adecuados con el objeto de compensar la diferencia de graduación. (p.3)

Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas. (Rivva López, 2000, p.182)

Granulometría

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en la Tabla 2, para mallas de la Serie Tyler. La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. (Rivva Lopez, 2004, p.19)

Tabla 3.
Límites de granulometría para el agregado grueso

Tamaño Nominal	% que pasa por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0.1	0.5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0.1

Fuente: Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

Tamaño máximo

“De acuerdo a la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso” (Rivva López, 2000, p.183) en un 100%.

“Granulometrías muy disímiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla” (Rivva López, 2000, p.183).

Tamaño máximo nominal

“De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido” (Rivva López, 2000, p.183).

Propiedades físicas

“Los agregados para concreto deben estar formados de partículas duras y compactas (peso específico elevado) de textura y forma adecuada con una buena distribución de tamaños (buena granulometría). Los agregados suelen estar contaminados con limo, arcilla, humus y otras materias orgánicas” (Salguero Girón, 2004, p.1).

“Algunos tienen porcentajes altos de material liviano o de partículas de forma alargada o plana, tales sustancias o partículas defectuosas restan calidad y resistencia al concreto y las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia. Se acepta como norma de calidad la especificación ASTM C-33” (Salguero Girón, 2004, p.1).

Peso unitario (ASTM C-29)

Torre C. (2004) afirma que:

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. (p.47)

“Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento” (Torre C., 2004, p.47).

Peso específico

Según Salguero Girón (2004):

La densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo se toma su peso, se tiene lo que se conoce como peso específico. (p.7)

La gravedad específica como se define en la especificación ASTM E-12 corresponde al peso específico relativo y para agregados finos se determina por métodos descritos en la norma ASTM C-128 y para agregado grueso ASTM C-127 y que consiste en medir el desplazamiento del agua, producido por un peso conocido de agregado en condición saturada y de superficie seca; se usa para este objeto una probeta calibrada. (p.7)

Absorción y Contenido de humedad

“Un cambio de contenido de humedad del 1%, si no se compensa puede cambiar el asentamiento del concreto en 1.5 pulgadas y la resistencia en 300 lb/pulg², es por este motivo que los ensayos de contenido de humedad y absorción deben hacerse” (Salguero Girón, 2004, p.6).

“Es imposible que los agregados vengan en condición ideal, pero puede llegarse a ella por una simple operación aritmética.” (Salguero Girón, 2004, p.6).

$$\text{humedad superficial} = \text{humedad total} - \text{factor de absorción}$$

“Para los agregados gruesos la absorción se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM C -127 y para los agregados finos conforme a la norma ASTM C –128” (Salguero Girón, 2004, p.6).

Módulo de finura

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; y N° 100, dividida entre 100. (Rivva López, 2000, p.167)

Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o de una combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es

la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como un índice de control de uniformidad de materiales. (Rivva López, 2000, p.167)

2.2.4. EL AGUA

Según Abanto Castillo (2009) afirma: “El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido” (p.21).

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. (Torre C., 2004, p.29)

Se usa generalmente agua potable, si no está disponible se podrá usar agua de río, de lago, de afluentes naturales, entre otras, siempre y cuando estén claras, no tengan olor apreciable y cumplan con los requisitos químicos estipulados en la norma NTP 339.088: Requisitos de calidad del agua para el concreto. (Sencico, 2014, p.11)

Agua de Mezcla

Pasquel Carbajal (1998), sostiene que:

“El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:” (p.59).

“I. Reaccionar con el cemento para hidratarlo” (p.59).

“II. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto” (p.59).

“III. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse” (p.59).

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

“El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento” (p.59).

Agua de Curado

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

No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos. (Pasquel Carbajal, 1998, p.65)

2.2.5. LOS ADITIVOS

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine. Los aditivos que deben emplearse en el concreto cumplirán con las especificaciones de la Norma NTP 339.086. (Abanto Castillo, 2009, p.43)

El aditivo es definido como "un material que no sienta agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, se utiliza como un ingrediente del mortero o concreto y es añadido a la mezcla antes o durante el mezclado", para modificar propiedades del concreto fresco y/o endurecido. (Rivva Lopez, 2004, p.59)

Razones para el empleo de Aditivos

El empleo de aditivos en el concreto cumplirá con las especificaciones de la Norma NTP 339 086 y su empleo y sistema de incorporación al concreto están sujetos a lo indicado en las especificaciones de obra o la aprobación previa de la Supervisión. Su uso no autoriza a modificar el contenido de cemento seleccionado para la mezcla. (Rivva Lopez, 2004, p.59)

Según Rivva Lopez (2004), los aditivos se añaden al concreto a fin de:

- “a) Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando” (p.59).
- “b) Facilitar la colocación del concreto o mortero” (p.59).
- “c) Reducir los costos de operación” (p.59).

Clasificación “Según La Norma Técnica ASTM-C497” (Santiago Patricia, 2011).

Según Santiago Patricia (2011), “la norma ASTM C-497 “Chemical Admixtures for Concrete”, distingue siete tipos:” (p.28).

- “TIPO A: Reductor de Agua” (p.28).
- “TIPO B: Retardador de Fraguado” (p.28).
- “TIPO C: Acelerador de Fraguado” (p.28).
- “TIPO D: Reductor de agua y Retardador” (p.28).
- “TIPO E: Reductor de Agua y Acelerador” (p.28).
- “TIPO F: Reductor de Agua de Alto Efecto” (p.28).
- “TIPO G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador” (p.28).

“Los aditivos incorporadores de aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 “Especificacions for Air Entraining Admixtures for Concrete” (Santiago Patricia, 2011, p.28).

Clasificación “Según el Comité 212 DEL ACI” (Santiago Patricia, 2011).

Santiago Patricia (2011), “los clasifica según los tipos de materiales constituyentes o a los efectos característicos en su uso:” (p.29).

- “a) Aditivos acelerantes” (p.29).
- “b) Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado” (p.29).
- “c) Aditivos para inyecciones” (p.29).
- “d) Aditivos incorporadores de aire” (p.29).
- “e) Aditivos extractores de aire” (p.29).
- “f) Aditivos formadores de gas” (p.29).
- “g) Aditivos productores de expansión b expansivos” (p.29).
- “h) Aditivos minerales finamente molidos” (p.29).
- “i) Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad” (p.29).
- “j) Aditivos pegantes (también llamados epóxicos)” (p.29).

“k) Aditivos químicos para reducir la expansión debido a la reacción entre los agregados y los alcalinos del cemento. Aditivos inhibidores de corrosión” (p.29).

“l) Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas” (p.29).

“m) Aditivos floculadores” (p.29).

“n) Aditivos colorantes” (p.29).

Clasificación “Según La Norma Francesa AFNOR P 18-123” (Santiago Patricia, 2011).

Según Santiago Patricia (2011), se establece una clasificación más amplia:

a. Aditivos que modifican las propiedades reológicas del concreto fresco:

- “Plastificantes - Reductores de agua” (p.30).
- “Incorporadores de aire” (p.30).
- “Polvos minerales Plastificantes” (p.30).
- “Estabilizadores” (p.30).

b. Aditivos que modifican el fraguado y endurecimiento

- “Aceleradores de fraguado y/o Endurecimiento” (p.30).
- “Retardadores de Fraguado” (p.30).

c. Aditivos que modifican el contenido de aire:

- “Incorporadores de Aire” (p.31).
- “Antiespumantes” (p.31).
- “Agentes formadores de Gas” (p.31).
- “Agentes formadores de Espuma” (p.31).

d. Aditivos que modifican la resistencia a las acciones físicas:

- “Incorporadores de Aire” (p.31).
- “Anticongelantes” (p.31).
- “Impermeabilizantes” (p.31).

e. Aditivos misceláneos

- “Aditivos de cohesión – emulsiones” (p.31).
- “Aditivos combinados” (p.31).
- “Colorantes” (p.31).
- “Agentes formadores de espuma” (p.31).

2.2.6. LOS ADITIVOS ACELERANTES

Rivva López (2000) “define como aditivos acelerantes a aquellos productos químicos que incorporados a la mezcla permiten:” (p.276).

- a. “Reducir el tiempo de fraguado” (p.276).
- b. “Lograr incrementos significativos en la resistencia inicial del concreto” (p.276).
- c. “Reducir los períodos de curado y protección necesarios para alcanzar una resistencia determinada en el concreto; y” (p.276).
- d. “Trabajar el concreto en mejores condiciones durante los períodos de baja temperatura ambiente” (p.276).

Ventajas

“La aceleración del desarrollo inicial de resistencia permite:” (Rivva López, 2000, p.278).

- a) “Un desencofrado más rápido” (Rivva López, 2000, p.278).
- b) “Acortamiento en el período de protección del concreto” (Rivva López, 2000, p.278).
- c) “Rápido acabado o reparación de la estructura” (Rivva López, 2000, p.278).
- d) “Compensación de los efectos de las bajas temperaturas sobre el desarrollo de resistencia” (Rivva López, 2000, p.278).

“Los beneficios de una reducción en el tiempo de fraguado incluyen:” (Rivva López, 2000, p.278).

- a) “Operaciones de acabado superficial más rápidas” (Rivva López, 2000, p.278).
- b) “Reducción temprana en la presión sobre los encofrados” (Rivva López, 2000, p.278).
- c) “Rápido taponeo de fallas debidas a presión hidráulica” (Rivva López, 2000, p.278).

Efectos sobre el concreto fresco y endurecido

Torres Alayo (2004), afirma que: “Los efectos de los acelerantes sobre algunas de las propiedades del concreto son los siguientes:” (p.113).

Tiempo de fraguado

Se reduce el tiempo de fraguado, tanto el inicial como el final. El grado de reducción varía según la cantidad de acelerante empleada, la temperatura del concreto y la temperatura ambiente. Las cantidades excesivas de algunos acelerantes pueden causar un fraguado muy rápido, o por el contrario, el aditivo actúa como retardante. (Torres Alayo, 2004, p.113)

“La norma NTP 334.088 indica las reducciones mínimas y máximas en el tiempo de fragua que debe originar un aditivo acelerante para ser considerado como tal” (Torres Alayo, 2004, p.114).

Inclusión de aire

Generalmente se requiere menos aditivo inclusor de aire para producir el contenido requerido de aire. No obstante, en algunos casos, se obtienen burbujas de mayor tamaño y factores más elevados de espaciamiento que reducen los efectos benéficos del aire incluido deliberadamente. (Torres Alayo, 2004, p.114)

Calor de hidratación:

Se obtiene liberación temprana de calor, pero no se observa efecto apreciable sobre el calor total de hidratación. (Torres Alayo, 2004, p.114)

Resistencia

La resistencia a la compresión se incrementa de manera sustancial a edades tempranas. La resistencia final puede reducirse ligeramente. El incremento en la resistencia a la flexión usualmente es menor que el de la resistencia a la compresión. (Torres Alayo, 2004, p.114)

Cambios de volumen

Los cambios de volumen se incrementan tanto con curado húmedo como en condiciones de secado. Existe el problema del grado del efecto causado por los acelerantes en oposición a otros factores que influyen en los cambios de volumen. (Torres Alayo, 2004, p.115)

Resistencia a las heladas

La resistencia a la congelación y al deshielo, así como a la escamación causada por el empleo de sales deshelantes, se incrementa a edades tempranas, pero puede decrecer a edades posteriores. (Torres Alayo, 2004, p.115)

Resistencia a los sulfatos

“Por lo general, se disminuye la resistencia a los sulfatos” (Torres Alayo, 2004, p.115).

Corrosión de metales

El cloruro de calcio no debe usarse cuando se aplica al concreto reforzado curado con vapor, a no ser que las pruebas de aplicación específica demuestren la ausencia de corrosión objetable. La corrosión severa de encofrado permanente de acero galvanizado ha sido atribuida al uso de cloruro de calcio. (Torres Alayo, 2004, p.115)

2.2.7. ACELERANTE CHEMA 3

CHEMA 3 es un acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados centígrados. **No contiene cloruros**, trabaja además como un inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Su efecto como acelerante de fragua o anticongelante se hace más notorio a temperaturas más bajas. Este aditivo protege el concreto en su estado fresco de congelarse. (Chema3, 2016)

Su efecto es sobre toda mezcla de mortero y concreto, tanto con cementos Portland tipo I y tipo V, puzolánicos. CHEMA 3 es un producto adecuado a la norma ASTM C-494 y es muy resistente a las sales y sulfatos. (Chema3, 2016)

Ventajas

- “Permite lograr altas resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados” (Chema3, 2016).
- “Permite abrir el tránsito en pisos o losas de concreto” (Chema3, 2016).
- “Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos se malogren por las bajas temperaturas” (Chema3, 2016).
- “Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera” (Chema3, 2016).
- “Mayor trabajabilidad” (Chema3, 2016).
- Al ser un **aditivo sin cloruros** y poseer inhibidores de corrosión puede ser utilizado en concreto armado, post y pretensado sin que se presente problemas de corrosión en la armadura (acero de refuerzo).

Desventajas

- Empleándolo en dosis muy reducidas puede comportarse como un retardador y ser contraproducente a sus funciones.
- Si se da un incorrecto compactado o manipulación incorrecta del concreto, puede producir exudación.
- Se debe tener mucho cuidado en el sistema de curado, principalmente a tempranas edades.
- Aumenta la dilatación y la contracción del concreto a temperaturas altas.
- Puede disminuir la durabilidad y resistencia a los sulfatos a largo plazo.
- Después de la ganancia rápida en resistencia hay una baja en la evolución de la misma.

Usos

- “Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere obtener una fuerza a la comprensión del concreto en menor tiempo” (Chema3, 2016).
- “Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado” (Chema3, 2016).
- “En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo a pesar de la baja temperatura funcionando a la vez como anticongelante” (Chema3, 2016).
- “Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio” (Chema3, 2016).
- “Para vaciados en terrenos sulfurosos” (Chema3, 2016).
- “Para elementos de concreto pre fabricados” (Chema3, 2016).
- “Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales Para morteros de inyección” (Chema3, 2016).
- “Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas” (Chema3, 2016).
- “Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales” (Chema3, 2016).

Rendimiento

“Utilizar según su necesidad, una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y tiempos requeridos:” (Chema3, 2016).

- “REDUCIDA: 500 ml (1/2 Litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado)
- NORMAL: 750 ml (3/4 Litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado)
- SUPERIOR: 1,000 ml (1 litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado)” (Chema3, 2016).

“La dosis como porcentaje es 1.20 % a 4% del peso del cemento” (Chema3, 2016).

Composición Química

- “Metanoato de sodio” (Chema3, 2016).
- “Dioxonitrato (III) de sodio” (Chema3, 2016).
- “2,2',2” - Nitrilotrietanol” (Chema3, 2016).

Propiedades Físicas Y Químicas

- “Aspecto: Líquido
- Color: Amarillo Transparente
- Punto de ebullición: No disponible
- Punto de inflamación: No aplicable
- Presión de vapor a 25 ° C: No disponible
- Olor: Inodoro
- Densidad, a 25 °C, g/ml: 1.10-1.20
- pH a 25 °C: 9.0-11.0
- Solubilidad en agua: Soluble
- VOC: 0 gr./ lt.” (Chema3, 2016).

Estabilidad y Reactividad

- “Estabilidad: Estable” (Chema3, 2016).
- “Condiciones que deben evitarse: El producto reacciona con ácidos débiles y sustancias reductoras” (Chema3, 2016).
- “Productos de descomposición peligrosa: Óxidos de nitrógeno” (Chema3, 2016).
- “Polimerización espontánea: No polimeriza” (Chema3, 2016).

2.2.8. ACELERANTE CHEMA ESTRUCT

CHEMA ESTRUCT es una sustancia química líquida que al ser adicionado a la mezcla de concreto acelera el proceso de endurecimiento y produce importantes ganancias tempranas de la resistencia a la compresión, contiene agentes plastificantes y en climas de bajas temperaturas trabaja como anticongelante. Su efecto es sobre toda mezcla de concreto, tanto con cementos Portland como también Puzolánicos, muy resistente a las sales y sulfatos.

Puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados, **no contiene cloruros**, más bien trabaja como un inhibidor de corrosión. Producto adecuado a la norma ASTM C-494; este aditivo protege al concreto en su estado fresco, evitando la cristalización o congelamiento en especial para concreto armado. (ChemaEst, 2016)

Ventajas

- “Actúa como inhibidor de la corrosión del fierro de refuerzo” (ChemaEst, 2016).
- “Permite lograr altas resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados” (ChemaEst, 2016).
- “Permite abrir el tránsito en pisos o losas de concreto” (ChemaEst, 2016).
- “Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos se malogren por las bajas temperaturas” (ChemaEst, 2016).
- “Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera” (ChemaEst, 2016).
- “Mayor trabajabilidad” (ChemaEst, 2016).

Usos

- “Para vaciados de elementos estructurales en cualquier clima, donde se desee obtener en 3 días la fuerza a la compresión (f_c) que se obtendría con el diseño de mezcla a los 7 días sin el CHEMA ESTRUCT” (ChemaEst, 2016).
- “Para vaciados en climas fríos o donde se espera una helada; hará que el concreto fragüe en la mitad de tiempo a pesar de la baja temperatura” (ChemaEst, 2016).
- “En obras de concreto donde se necesite poner en servicio en menos tiempo” (ChemaEst, 2016).
- “Para construir en climas a bajas temperaturas” (ChemaEst, 2016).

- “En terrenos con nivel freático superficial” (ChemaEst, 2016).
- “Cuando se espera una helada para evitar la cristalización o congelamiento” (ChemaEst, 2016).
- “Para desencofrar en menor tiempo y acortar tiempos de entrega” (ChemaEst, 2016).

Rendimiento

“Las dosificaciones de CHEMA ESTRUCT de acuerdo al clima y necesidades son:” (ChemaEst, 2016).

- “REDUCIDA 250 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)
- NORMAL 375 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)
- SUPERIOR 500 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)” (ChemaEst, 2016).

“La dosis como porcentaje es 0.6% a 2% del peso del cemento” (ChemaEst, 2016).

Composición Química

- “Solución acuosa de sales alcalinas” (ChemaEst, 2016).

Propiedades Físicas y Químicas

- “Aspecto: Líquido
- Color: Amarillo Transparente
- Punto de ebullición: No disponible
- Punto de inflamación: No aplicable
- Presión de vapor a 25 ° C: No disponible
- Olor: Inodoro
- Densidad a 25 °C, g/ml: 1.30 – 1.34
- pH a 25 °C: 9.0 – 11.0
- Solubilidad en agua: Soluble” (ChemaEst, 2016).

Estabilidad y Reactividad

- “Estabilidad: Estable” (ChemaEst, 2016).
- “Condiciones que deben evitarse: El producto reacciona con ácidos débiles, aminas, sustancias reductoras y oxidables” (ChemaEst, 2016).
- “Productos de descomposición peligrosa: Óxidos de nitrógeno” (ChemaEst, 2016).
- “Polimerización espontánea: No polimeriza” (ChemaEst, 2016).

2.2.9. ACELERANTE SIKARAPID 1

“Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales **libre de cloruros para concretos y morteros**. Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales” (Sika, 2015).
 “SikaRapid®-1 cumple los requisitos de un aditivo acelerado de endurecimiento, sin efectos secundarios no deseados” (Sika, 2015).

Usos

- “Concreto para rápida puesta en servicio” (Sika, 2015).
- “Concreto curado al vapor” (Sika, 2015).
- “Concreto en tiempo frío” (Sika, 2015).
- “Concreto prefabricado” (Sika, 2015).
- “Desencofrado rápido” (Sika, 2015).

Ventajas

- “Acelera el proceso de endurecimiento” (Sika, 2015).
- “Alta resistencia temprana a temperaturas entre 5 °C y 30 °C en concreto” (Sika, 2015).
- “No induce a corrosión de armaduras” (Sika, 2015).
- “Compatible con los productos Plastiment®, Sikament®, Sika ®ViscoCrete” (Sika, 2015).
- “Permite tiempo suficiente para la colocación del concreto” (Sika, 2015).
- “Estable a temperaturas entre –5 °C y 40 °C” (Sika, 2015).
- “No tóxico para su manipulación ni para el ambiente” (Sika, 2015).

Rendimiento

SikaRapid®-1 se utiliza en dosis entre **3.9 cm³ a 23.6 cm³** por kilogramos de cemento.

Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la dosis exacta según el objetivo deseado, considerando el contenido de cemento, la temperatura y el efecto de otros aditivos incluidos en la dosificación. (Sika, 2015)

SikaRapid®-1 se agrega diluido en el agua de amasado de la mezcla.

También puede añadirse al camión concreto en obra, en este caso, realizar obligatoriamente un amasado suplementario de 1 minuto por metro cúbico de concreto. Antes de su colocación, debe verificarse visualmente la consistencia correcta del concreto. (Sika, 2015)

Cuando utilice SikaRapid®-1 deben respetarse las reglas generales para la fabricación y colocación del concreto. Debe prestarse atención especial al curado del concreto, sobre todo a primeras edades y con bajas temperatura. Se recomienda que la temperatura de la masa del concreto no sea inferior a 5 °C al momento de colocar el molde o encofrado. (Sika, 2015)

Composición Química

- “Mezcla de sales alcalinas y compuestos complejos” (Sika, 2015).

Propiedades Físicas Y Químicas

- Estado Físico: Líquido
- Color: Amarillento a marrón
- Olor: Inodoro
- Punto de Inflamación: No aplicable
- Temperatura de autoinflamación: No aplicable
- Límite explosión inferior: No aplicable
- Límite explosión superior: No aplicable
- Presión de Vapor a 20°C: No aplicable
- Densidad a 20°C: 1.27 +/- 0.01 g/cm³
- Solubilidad en agua a 20°C: El producto es miscible
- pH a 20°C (c indefinida): 10.0 +/- 1.0” (Sika, 2015).

Estabilidad y Reactividad

- “Condiciones que deben evitarse: No se conocen
- Posibles reacciones peligrosas con: Ácidos y Oxidantes
- Posibles trazas de: Óxidos de nitrógeno (NOx)” (Sika, 2015).

2.2.10. EL DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. Es usual el suponer que esta técnica consiste en la aplicación sistemática de ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras, lo cual está muy alejado de la realidad, ya que es en esta etapa del proceso constructivo cuando resulta primordial la labor creativa del responsable de dicho trabajo y en consecuencia el criterio personal. (Pasquel Carbajal, 1998, p.171)

Métodos de Diseño de Mezclas de Concreto

- I. Metodo del ACI (American Concrete Institute)
- II. Metodo de WALKER
- III. Metodo del módulo de fineza
- IV. Metodo del agregado global
- V. Metodo de fuller
- VI. Otros.

Información requerida para el diseño de mezclas

- a. “Análisis granulométrico de los agregados” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- b. “Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- c. “Peso específico de los agregados (fino y grueso)” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- d. “Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- e. “Perfil y textura de los agregados” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- f. “Tipo y marca del cemento” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- g. “Peso específico del cemento” (Laura Huanca, 2006, p.4).
- h. “Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados” (Laura Huanca, 2006, p.4).

“PASOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS” (Método del comité 211 del ACI)

- 1) Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada.

“Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla 4, para la determinación de la resistencia promedio requerida” (Laura Huanca, 2006, p.6).

Tabla 4.

Resistencia a la compresión promedio ACI

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Comité ACI 318

Tabla 5.

Resistencia a la compresión promedio RNE

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 85$
Sobre 350	$1.1f'_c + 50$

Fuente: RNE Norma E-060 Concreto Armado

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

“El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente” (Laura Huanca, 2006, p.7).

- 3) Selección del asentamiento.

“Si las especificaciones técnicas requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla.” (Laura Huanca, 2006, p.6).

Tabla 6.*Consistencia y asentamientos*

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Reaprobado el 2002

4) Selección del volumen unitario de agua de diseño.

La tabla 6, "preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado" (Laura Huanca, 2006, p.8).

Tabla 7.*Requerimientos aprox. de agua de mezclado y de contenido de aire*

Asentamiento	Agua en lt/m³ Para Los Tamaños Máximos							
	Nominales de Agregado y Consistencia Indicados							
	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	--
% aire atrapado	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
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	--
% Aire Atrapado en función del grado de exposición								
Normal	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Extrema	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Reaprobado el 2002

- 5) Selección del contenido de aire atrapado utilizando la Tabla 7
- 6) Selección de la relación agua – cemento (a/c) por resistencia o por durabilidad

“Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo IP o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 8” (Laura Huanca, 2006, p.8).

Tabla 8.
Relación agua/cemento de diseño

F'cr (28 días)	Relación Agua-Cemento Diseño en Peso	
	Sin Aire Incorporado	Con Aire Incorporado
450	0,38	--
400	0,43	--
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Reaprobado el 2002

Tabla 9.
Requisitos para condiciones especiales de exposición

Condición de la exposición	Relación máxima a/c para concretos de peso normal	f'c mínimo para concretos de peso normal
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0,50	280
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	310
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0,40	350

Fuente: RNE Norma E-060 Concreto Armado

7) Determinación del factor cemento (Fc)

“Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c” (Laura Huanca, 2006, p.11).

$$factor\ cemento = \frac{Volumen\ Unitario}{\frac{a}{c}}$$

8) Determinación del contenido de agregado grueso

“Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 9, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino” (Laura Huanca, 2006, p.13).

Tabla 10.
Volumen de agregado grueso

T.M.N. agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de Volumen del concreto para diversos módulos de fineza			
	Módulo de Fineza del Agregado Fino			
	2,4	2,6	2,8	3
3/8"	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,6
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,7
2"	0,75	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Reaprobado el 2002

- 9) "Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso" (Comité 211 del ACI).
- 10) "Determinación del volumen absoluto de agregado fino y determinación del peso seco del agregado fino" (Comité 211 del ACI).
- 11) "Determinación de los valores de diseño de los componentes del concreto" (Comité 211 del ACI).
- 12) "Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción del agregado fino y grueso" (Comité 211 del ACI).
- 13) "Determinación de las proporciones en peso" (Comité 211 del ACI).

2.2.11. LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (NTP 339.034)

"La resistencia a la compresión se define como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a edades de 7, 14 y 28 días; se representa con el símbolo f'c." (Castellon Corrales & De la Osa Arias, 2013, p.78)

“En este ensayo se mide la resistencia mecánica del concreto frente a una carga en compresión. Este ensayo se encuentra en la norma de NTP 339.034” (Ruiz Panduro, 2008, p.68).

“Para realizar el ensayo se empleará probetas cilíndricas standard de 15cm de diámetro x 30cm de alto, una barra compactadora, recta de acero lisa de 5/8” de diámetro y aproximadamente 60cm. de longitud y terminada en punta roma” (Ruiz Panduro, 2008, p.68).

“Las probetas se llenarán en tres capas compactadas con 25 golpes distribuidos uniformemente en toda la superficie. El curado y la elaboración de las probetas serán bajo las normas ASTM C-31 o NTP 339.033” (Ruiz Panduro, 2008, p.68). “A las 24 horas de fraguado son desmoldadas y llevadas a una poza de curado de donde se extraerá un día antes de ser ensayadas” (Ruiz Panduro, 2008, p.68).

“Este ensayo es muy importante por lo que nos da más o menos una idea de la calidad de concreto que se está preparando, aunque se sabe que no es la única propiedad importante, porque existen otras que son igual o más importante que ésta.” (Ruiz Panduro, 2008, p.68)

Según Ruiz Panduro (2008), el cálculo de la resistencia será:

$$f' = \frac{P}{A}$$

Donde:

“f’: Resistencia a la compresión del concreto en Kg/cm²” (p.68).

“P: Carga máxima en Kg” (p.68).

“A: Área de la probeta normal a la carga en cm²” (p.68).

“Si la relación altura/diámetro (L/D) de la probeta es menor de 1.75, corregir el resultado obtenido según lo anterior multiplicando por el correspondiente factor de corrección de la tabla que sigue:” (NTP 339.034, 2008, p.13)

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.3.1 PRINCIPIOS ESTADÍSTICOS DE DISEÑO Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN

Selección de las unidades experimentales para estudios comparativos por observación

Debe seleccionarse una muestra probabilística de unidades entre los miembros disponibles de cada población en tratamiento. Las unidades se eligen de cada población de manera que cada unidad tenga la misma oportunidad de entrar a la muestra. Observe que cada población representa una clasificación de tratamiento diferente y que el muestreo aleatorio se lleva a cabo sólo dentro de la población. El primer paso requiere una identificación de las poblaciones que representan las condiciones o tratamientos de interés para el estudio por observación. (Kuehl, 2001, p.40)

Un modelo estadístico para la experimentación

El análisis estadístico se basa en un modelo estadístico formal subyacente. La interpretación adecuada del análisis requiere la comprensión del modelo. En los estudios comparativos, la característica de las unidades o sujetos medida en la observación es la variable de respuesta, identificada como la variable Y. (Kuehl, 2001, p.42)

El modelo estadístico para los estudios comparativos supone que existe una población de referencia de los sujetos o unidades experimentales. En la mayoría de los casos la población es conceptual, aunque es posible imaginar una población de motores de automóvil, tiendas, parcelas, corrales o carne empacada. Cada unidad individual en la población tiene un valor para la variable de respuesta Y, y esta variable tiene una media P y una varianza U. (Kuehl, 2001, p.42)

Suma de cuadrados para identificar fuentes de variación importantes

Se pueden usar las diferencias de las sumas de los cuadrados del error experimental para que los dos modelos sean una partición de la variación total en el experimento. Estas particiones aclararán y explicarán los resultados del experimento. (Kuehl, 2001, p.50)

Modelo de efectos del tratamiento

El efecto de un tratamiento indica cuánto cambia una medición en una unidad experimental al someterse a tratamiento. Es posible expresar el modelo de medias de celda de manera que refleje los efectos del tratamiento sobre las unidades experimentales. (Kuehl, 2001, p.53)

Grados de libertad

Se puede pensar en los grados de libertad como el número de elementos estadísticamente independientes en las sumas de cuadrados. El valor de los grados de libertad representa el número de piezas de información independientes en las sumas de cuadrados. (Kuehl, 2001, p.54)

Resumen en la tabla de análisis de varianza

La tabla de análisis de varianza resume el conocimiento acerca de la variabilidad en las observaciones del experimento. Se ha hecho una partición en dos de la suma de cuadrados total, una representa la variación entre las medias de tratamientos, la otra al error experimental. (Kuehl, 2001, p.55)

Pruebas de significancia y pruebas de hipótesis

Una práctica común en las pruebas de hipótesis es determinar qué tan significativa es una prueba estadística. Este nivel de significancia es la probabilidad de exceder el valor del estadístico de prueba bajo las condiciones de la hipótesis nula. (Kuehl, 2001, p.58)

2.3.2 DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

El objetivo es tener comparaciones precisas entre los tratamientos bajo estudio. Utilizar bloques es una forma de reducir y controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión. (Kuehl, 2001, p.63)

En el diseño completamente al azar se supone que las unidades experimentales son relativamente homogéneas con respecto a factores que afectan la variable de respuesta. (Kuehl, 2001, p.63)

Cualquier factor que afecté la variable de respuesta y que varíe entre las unidades experimentales aumentará la varianza del error experimental y disminuirá la precisión de las comparaciones. (Kuehl, 2001, p.63)

Utilizar bloques estratifica a las unidades experimentales en grupos homogéneos. Una buena elección del criterio de bloque resulta en mejor variación entre las unidades experimentales de los diferentes bloques. (Kuehl, 2001, p.63)

Bloque 1	Bloque 2	...	Bloque b
y_{11}	y_{12}	...	y_{1b}
y_{21}	y_{22}	...	y_{2b}
...
...
...
y_{t1}	y_{t2}	...	y_{tb}

Figura 2. Ordenamiento que se tiene T tratamientos que se quieren comparar en B bloques. *Fuente:* (Kuehl, 2001, p.63)

El diseño de bloques completos al azar implica que en cada bloque hay una sola observación de cada tratamiento. El orden en que se “corren” los tratamientos dentro de cada bloque es aleatorio (restricción en la aleatorización).

El modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-esimo tratamiento

β_j = Efecto del j-esimo bloque

ϵ_{ij} = Error experimental del tratamiento i en el bloque j.

Se supone que los efectos de tratamientos y bloques son aditivos. La aditividad significa que no hay interacción entre los tratamientos y bloques. Es decir, la relación entre los tratamientos es la misma en cada uno de los bloques.

tratamiento	bloque				medias de tratamientos
	1	2	...	b	
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1b}	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2b}	$\bar{y}_{2.}$
..
..
t	y_{t1}	y_{t2}	...	y_{tb}	$\bar{y}_{t.}$
medias de bloque	$\bar{y}_{.1}$	$\bar{y}_{.2}$...	$\bar{y}_{.b}$	$\bar{y}_{..}$

Figura 3. Ordenamiento para el procesamiento de los datos del diseño experimental. *Fuente:* (Kuehl, 2001, p.68)

El análisis de varianza para este diseño se basa en una descomposición de la variabilidad de las observaciones.

$$y_{ij} - \bar{y}_{..} = (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})$$

Desviación total = Desviación debido al error + Desviación debido a tratamientos+
Desviación debido a bloques

Tratamientos	Bloques					
	1	2	...	j	...	J
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1j}	...	y_{1J}
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2j}	...	y_{2J}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	y_{i1}	y_{i2}	...	y_{ij}	...	y_{iJ}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
I	y_{I1}	y_{I2}	...	y_{Ij}	...	y_{IJ}

Figura 4. Nomenclatura para el procesamiento de datos de bloques y tratamientos. *Fuente:* (Kuehl, 2001, p.70)

$N = IJ$ es el número total de observaciones

$y_{i.}$ = Es el total de las observaciones bajo el i -ésimo tratamiento, es decir

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^J y_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, I$$

$y_{.j}$ = Es el total de las observaciones bajo el j -ésimo bloque, es decir

$$y_{.j} = \sum_{i=1}^I y_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, J$$

$y_{..}$ = La suma de todas las observaciones, denominado el total general, es decir

$$y_{..} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J y_{ij} = \sum_{i=1}^I y_{i.} = \sum_{j=1}^J y_{.j}$$

$\bar{y}_{i.}$ = la media de las observaciones del tratamiento i -ésimo, es decir

$$\bar{y}_{i.} = \frac{y_{i.}}{J}$$

$\bar{y}_{.j}$ = la media de las observaciones del bloque j -ésimo, es decir

$$\bar{y}_{.j} = \frac{y_{.j}}{I}$$

$\bar{y}_{..}$ = la media general de las observaciones, es decir

$$\bar{y}_{..} = \frac{y_{..}}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J y_{ij}$$

Que también se puede expresar como media de las medias parciales, es decir

$$\bar{y}_{..} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \bar{y}_{i.} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \bar{y}_{.j}$$

El modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + u_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, I \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, J$$

Donde:

y_{ij} = la variable aleatoria que representa la observación (i)-ésima del bloque (j)-ésimo.

μ = un efecto constante que mide el nivel promedio de respuesta para todas las unidades, denominado media global.

τ_i = el efecto producido por el nivel i -ésimo del factor principal.

β_j = el efecto producido por el nivel j-ésimo del factor secundario o factor de bloque.

u_{ij} = variables aleatorias independientes con distribución $N(0, \sigma)$, que engloban el efecto de todas las restantes fuentes de variabilidad; al igual que en el modelo completamente aleatorizado, reciben el nombre de perturbaciones o error experimental.

Tabla 11.

Modelo de Análisis de varianza, con las formulas correspondientes para su elaboración.

≡V.	g.l.	SS	CM	F	E(CM)
trat's	$t - 1$	$b \sum_{i=1}^t (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$SS_{trat}/(t - 1)$	$\frac{CM_{trat}}{CM_E}$	$\sigma^2 + b \sum_{i=1}^t \frac{\tau_i^2}{t-1}$
bloques	$b - 1$	$t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	$SS_{bloques}/(b - 1)$		
error	$(t - 1)(b - 1)$	$\sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$	$SS_E/(t - 1)(b - 1)$		σ^2
total	$bt - 1$	$\sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$			

Si $F_c > F_{t-1, (t-1)(b-1)}^\alpha$ se rechaza $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t = 0$

Fuente: Lara Porras A.M. (2001).

Las fórmulas de definición y de cálculo son:

- Factor de Corrección:

$$FC = \frac{Y_{..}^2}{rt}$$

- Suma de cuadrados totales:

$$SCT = \sum \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum \sum Y_{ij}^2 - FC$$

- Suma de cuadrados de tratamiento:

$$SCTRAT = r \sum (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 = \frac{\sum \sum Y_{ij}^2}{r} - FC$$

- Suma de cuadrados de bloque:

$$SCBLOQ = t \sum (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 = \frac{\sum Y_{i.}^2}{t} - FC$$

- Suma de cuadrados del error:

$$SCERROR = \sum \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2 = SCT - (SCTRAT + SCBLOQ)$$

Test de rangos múltiples

Estos contrastes se basan en la distribución de los rangos estudiados, cuya definición se realiza en términos del número de grupos que hay que comparar y de los grados de libertad del estimador de la varianza. Estos procedimientos, permiten superar las dificultades que surgen al aumentar el número de grupos a comparar y no poderse controlar los falsos rechazos de la hipótesis nula. Los métodos resultantes, en términos generales, son conservadores; es decir, la probabilidad real de rechazar la hipótesis nula cuando es cierta es menor que el nivel de significación α fijado. (Kuehl, 2001, p.82)

2.3.3 TEST DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

La prueba de Duncan, también conocida como la prueba de rango múltiple, es conveniente aplicarla cuando los tamaños de las muestras son iguales y los tratamientos presentan una relación ordinal, es decir, pueden ordenarse de manera ascendente o descendente en una escala no numérica, a diferencia de los tratamientos que responden a variables continuas en las que procede un análisis de regresión. (Navarro Flores, 2006) y (Mongomery, 2003)

Datos necesarios para el método de Duncan

Para realizar el método Duncan es necesario contar con los siguientes datos:

- Las medias ordenadas de mayor a menor.
- Los cuadrados medios del error, que se obtiene de la tabla ANVA (Análisis de Varianza).
- Los grados de libertad del error, se obtiene de la tabla ANVA (Análisis de Varianza) y sirve para identificar los valores de la tabla Duncan
- El número de repeticiones, se obtiene de la tabla ANVA (Análisis de Varianza) y sirve para calcular la varianza de las medias.
- El número de tratamientos, sirve para saber el número de medias a comparar.
- El nivel de significancia de la prueba.
- Los valores de la tabla Duncan.

Procedimientos para el análisis de Duncan

1. De la tabla ANVA (Análisis de Varianza) tomar los valores de los cuadrados medios del error (CM error) y el número de repeticiones (r). Calcular la varianza de las medias con la ecuación que se muestra y ubicar el resultado en todas las casillas del segundo renglón.

$$Sx^2 = \sqrt{\frac{CM_{error}}{r}}$$

2. De la tabla ANVA (Análisis de Varianza) identificar los grados de libertad del error. De la tabla Duncan, localizar el renglón que corresponde a los GL (grados de libertad) del error y copiar el número de columnas necesarias en la tabla de trabajo.
3. Multiplicar los renglones correspondientes a Sx^2 y los valores Duncan, el resultado son los rangos críticos.
4. Ordenar las medias de mayor a menor.
5. Restar de la primera media la segunda, si la diferencia es menor al rango crítico de la primera columna, forman grupo.
6. Restar de la primera media la tercera, si la diferencia es menor al rango crítico de la segunda columna (porque se intenta formar un grupo de 3 medias), forman grupo.
7. Continuar con la comparación de la primera media con las siguientes, hasta que quede completo el grupo (que ya no forme grupo).
8. Repetir los pasos 6, 7 y 8 con las siguientes medias, asignando sucesivamente las letras "b", "c", etc. a cada grupo que se forma.

Análisis de regresión

El análisis de regresión se aplica cuando se desea conocer la relación entre dos variables continuas (Samuels, Witmer, & Schaffner, 2012). Así, cuando los tratamientos corresponden a niveles de una variable continua, y es objetivo de la investigación evaluar la tendencia correspondiente, se aplica un análisis de regresión. En este caso, para poder interpretar la significancia, se recomienda la valoración de dos índices estadísticos para experimentos de un solo factor: coeficiente de regresión del ajuste escogido (β_1) y el coeficiente de determinación (R^2).

Dependiendo del ajuste así será el número de coeficientes de regresión cuya significancia se valora para determinar si hay una tendencia. Si alguno de los β es significativo puede decirse que hay una tendencia (Mongomery, 2003).

Por otra parte, el R^2 indica qué porcentaje del comportamiento real de los datos es explicado por el ajuste encontrado o la tendencia obtenida (Navarro Flores, 2006)

El R^2 se interpreta considerando el fenómeno que se estudia, pues en algunos con poca variabilidad, éste debe ser un porcentaje alto, mientras que, para otros, un 60% de explicación, por ejemplo, puede considerarse suficiente para un ajuste dado.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Absorción: Capacidad que tiene los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergirlos durante 24 horas en esta.

Acelerante: Son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco

Aditivos: Son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco.

Aditivo acelerador de fraguado: Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.

Agregado fino: se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

Agregado grueso: es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava

Agua de mezclado: El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

Agua de curado: El agua no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras

Calor de hidratación: Se llama calor de hidratación al calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto.

Cantera: Lugar de extracción de los agregados para elaboración de mezclas de concreto.

Cemento: Se denomina cemento a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua.

Cemento Portland: Cemento hidráulico producido con Clinker Portland y yeso natural. Se comercializa en cinco tipos diferentes.

Concreto: Es una mezcla de cemento como un medio aglutinador, agregados finos (arenas), agregados gruesos (gravas) y agua.

Curado: Tratamiento que se da al concreto recién colado, para asegurar la disponibilidad permanente de agua que permita el progreso de las reacciones químicas entre el cemento y el agua. Este importante proceso, nos permite obtener buena durabilidad en el concreto.

Contenido de humedad: Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado.

Diseño de Mezcla: proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra.

Dosificación del concreto: Proceso que consiste en pesar o medir volumétricamente los ingredientes del concreto: (arena, grava, cemento y agua), e introducirlos al mezclador.

Durabilidad: Se define como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.

Esfuerzo: Magnitud de fuerzas internas por unidad de área producidas por cargas externas. Cuando las fuerzas son paralelas al plano, el esfuerzo es llamado esfuerzo cortante. Cuando las fuerzas son normales al plano, el

esfuerzo es llamado normal. Cuando el esfuerzo normal está dirigido hacia la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de compresión. Cuando está dirigido hacia afuera de la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de tensión.

Especímenes de concreto: Son las probetas de concreto elaboradas con el fin de Investigación

Estabilidad de volumen: Se define como la estabilidad de volumen de un cemento a la capacidad de este para mantener un volumen constante una vez fraguado.

Fraguado: Cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto. Implica pérdida de plasticidad.

Granulometría: Es la distribución por tamaños de las partículas de los agregados, generalmente expresado en porcentaje.

Investigación experimental: Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada.

Módulo de Finura: Factor obtenido por la suma de porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.

Resistencia a la abrasión: Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste.

Resistencia a la compresión: Capacidad máxima de carga que soporta un material antes de llegar a su límite de ruptura, se expresa en kg/cm^2 .

Sanidad: Se define como la capacidad de los agregados para resistir variaciones excesivas de volumen debido a las condiciones físicas cambiantes.

Segregación: Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), cuyo resultado es una mezcla sin uniformidad.

Tamaño máximo nominal: Corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido.

Tiempo de Fragua: Tiempo para el cual el concreto fresco o recién preparado de acuerdo a la dosificación especificada va adquiriendo una consistencia dura hasta que finalmente endurece creándose así un elemento resistente, dúctil y rígido.

Unidad experimental: Son los objetos, individuos, intervalos de espacio o tiempo sobre los que se experimenta.

Variable de interés o respuesta: Es la variable que se desea estudiar y controlar su variabilidad.

Factor: Son las variables independientes que pueden influir en la variabilidad de la variable de interés.

Factor tratamiento: Es un factor del que interesa conocer su influencia en la respuesta.

Factor bloque: Es un factor en el que no se está interesado en conocer su influencia en la respuesta, pero se supone que ésta existe y se quiere controlar para disminuir la variabilidad residual.

Niveles: Cada uno de los resultados de un factor. Según sean elegidos por el experimentador o elegidos al azar de una amplia población se denominan factores de efectos fijos o factores de efectos aleatorios.

Tratamiento: Es una combinación específica de los niveles de los factores en estudio. Son, por tanto, las condiciones experimentales que se desean comparar en el experimento. En un diseño con un único factor son los distintos niveles del factor y en un diseño con varios factores son las distintas combinaciones de niveles de los factores.

Observación experimental: Es cada medición de la variable respuesta.

Tamaño del Experimento: Es el número total de observaciones recogidas en el diseño.

Interacción de factores: Existe interacción entre dos factores FI y FJ si el efecto de algún nivel de FI cambia al cambiar de nivel en FJ. Esta definición puede hacerse de forma simétrica y se puede generalizar a interacciones de orden tres o superior.

Diseño equilibrado o balanceado: Es el diseño en el que todos los tratamientos son asignados a un número igual de unidades experimentales.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. EL TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. EL TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación corresponderá al tipo explicativo, ya que utiliza la recopilación de datos (tipos de aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento; y las resistencias a la compresión del concreto a distintas edades), para explicar el comportamiento de una variable dependiente en función de variables independientes y para demostrar la hipótesis, en función a mediciones numéricas y el análisis estadístico.

3.1.2. EL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizará el diseño de bloques completamente aleatorio, tres tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones, en total 16 unidades experimentales.

3.2. LA POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1. LA POBLACION DE ESTUDIO

Los tratamientos que se utilizarán en la investigación serán los siguientes aditivos Acelerantes de fragua y endurecimiento:

- Testigo – sin aditivo acelerante (t_1)
- Aditivo acelerante de endurecimiento A (t_2)
- Aditivo acelerante de fragua B (t_3)
- Aditivo acelerante de endurecimiento C (t_4)

La dosis responde a las recomendaciones comerciales de los fabricantes o casas comerciales de cada aditivo acelerante de fragua y endurecimiento según los cuadros que se muestran a continuación. Se presenta la siguiente Aleatorización de tratamientos en el campo experimental.

Las muestras serán ensayadas con la ayuda de una presa hidráulica para determinar su resistencia a la compresión a los 3, 7 y 14 días de haber realizado las probetas.

Tratamientos				
t_1	t_4	t_2	t_3	Bloque I
t_3	t_4	t_2	t_1	Bloque II
t_3	t_1	t_2	t_4	Bloque III
t_4	t_3	t_1	t_2	Bloque IV

Figura 5. Distribución de tratamientos. *Fuente:* Elaboración propia.

3.2.1. LA MUESTRA DE ESTUDIO

La muestra de estudio está constituida por cuatro tipos de tratamiento del concreto como son: Concreto muestra patrón y Concretos con adición de aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento en proporción máxima según la recomendación de cada fabricante, donde se realizaron ensayos de compresión a los 3, 7 y 14 días. Cabe mencionar que al estar usando Aditivos Acelerantes no se realizó los ensayos a los 28 días.

Seguidamente, se especifican los materiales empleados durante la elaboración de los diferentes tratamientos del concreto.

Cemento

Cemento Yura (Cemento Portland IP)

Agregados

Se utilizó de la cantera ARUNTA, ubicando en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna.

Agua

El agua utilizada fue de la red pública suministrada por la EPS Tacna.

Aditivos

Los aditivos utilizados para la presente tesis fueron de la marca SIKA y CHEMA, siendo el aditivo acelerador de fragua: CHEMA3, y los aditivos aceleradores de endurecimiento: CHEMA ESTRUCT y SIKARAPID1.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. EL MUESTREO DE LOS AGREGADOS

El muestreo de los agregados es un método muy importante, porque permite obtener las muestras de los agregados a las cuales se les harán los ensayos respectivos para conocer sus propiedades físico mecánicas. Para la conformación de las muestras de ensayo, existen varios procedimientos para reducir las muestras al tamaño de prueba, el método más utilizado es el cuarteo manual.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Pala
- Lonas
- Balanza
- Charolas
- Brochas
- Agregado fino
- Agregado grueso

PROCEDIMIENTO

- Se eligió una zona limpia en donde se colocó el agregado fino y grueso.
- Con ayuda de la pala se mezcló el agregado, procediendo a hacerse un montículo y se aplano en forma uniforme.
- Se dividió el agregado en cuatro partes idénticas.
- Se tomó dos muestras diametralmente contrarias y se separó del resto del material para después volver a repetir el procedimiento con ellas.
- El material eliminado se depositó en sus lonas correspondientes y el material elegido en las charolas.

3.3.2. LA GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

Según las normas NTP 400.37, ASTM C- 136, AASHTO T- 27.

El procedimiento que se utilizó fue el mecánico o granulometría por tamizado para el agregado fino y grueso. La cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas. Para el agregado fino será según lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.37.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza
- Juego de tamices ASTM conformado por:
Para el agregado Fino: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.
Para el agregado grueso 2, 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, N°4, N°8
- Horno
- Taras
- Recipientes
- Cuchara

PROCEDIMIENTO

Para el agregado grueso y para el agregado fino:

- Se colocó el agregado en el horno (a 110°C) hasta conseguir un peso uniforme.
- Se colocó el agregado en la primera malla del juego de tamices, ordenandos en forma decreciente.
- Se realizó el tamizado en forma manual con movimientos de vaivén hasta observar que no pase de un tamiz a otro.
- Con esta distribución granulométrica se verificó los requerimientos de la NTP 400.037 (Husos Granulométricos).
- Luego se determinó el módulo de finura.

FORMULAS

Módulo de finura del agregado fino

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum (N}^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

3.3.3. EL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

Norma técnica: NTP 400.017 y ASTM C- 29/ C- 29M.

Para la determinación del peso unitario la muestra deberá de estar completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza
- Cuchara
- Recogedor plano
- Barra compactadora de acero liso circular recta de 5/8"
- Recipiente cilíndrico
- Vidrio de 1"

PROCEDIMIENTO

Volumen del Recipiente (V)

- Se determinó la masa del recipiente.
- Se llenó el recipiente cilíndrico con agua y se cubrió con la placa de vidrio para eliminar las burbujas y el exceso de agua, y se procedió a pesarlo.
- Se determinó la masa del agua requerida.
- Se calculó el volumen (V) del recipiente dividiendo la masa del agua requerida entre su densidad (1000 kg/m^3).

Peso unitario suelto (PUS)

- Se llenó el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5cm.
- Se eliminó el excedente del agregado con una espátula para equilibrar los vacíos.
- Se determinó la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío con una exactitud de 5g.

Peso Unitario Compactado (PUC)

- Se llenó el recipiente cilíndrico hasta la tercera parte.
- Se apisonó la muestra con la barra compactadora de 5/8" mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, se llenó hasta las 2/3 partes del recipiente y se niveló y apisonó con 25 golpes como la manera anterior. Luego se llenó completamente el recipiente hasta rebosar, se golpeó 25 veces con la barra compactadora.
- Se enrasó el recipiente utilizando la barra compactadora como regla.
- Se determinó la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío.

FORMULAS

$$P.U. = \frac{W_s}{V}$$

Ws: Peso neto del agregado (Kg).

V: Volumen del molde cilíndrico (m3)

3.3.4. EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

EL AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 Y ASTM C-127.

MATERIALES

- Horno
- Una balanza
- Brocha
- Espátula
- Material saturado

PROCEDIMIENTO

- Se selecciona una muestra del agregado grueso.
- Luego se le dio un lavado completo para eliminar el polvo y se sumergió en agua durante 24 horas para saturarlo.
- Se pesó la muestra saturada y se anota.
- Seguidamente se la hizo rodar sobre un paño absorbente para tener un secado uniforme de la superficie del agregado.
- Luego pesamos la muestra saturada superficialmente seca y anotamos.
- Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca, colocamos sobre una balanza hidrostática y determinamos su peso sumergido en el agua a una temperatura de 23 °C.
- Se secó la muestra hasta peso contante a una temperatura de 110°C
- Se dejó enfriar y se determinó su peso.

FORMULAS

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso Específico Saturado Superficialmente Seco} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - C}{A} * 100$$

Dónde:

- A. Peso de la muestra seca al Horno (gr).
- B. Peso en el aire de la muestra saturada seca (gr).
- C. Peso en el agua de la muestra saturada (gr)

EL AGREGADO FINO

MATERIALES

- Bandeja metálica
- Balanza
- Fiola
- Horno
- Molde metálico en forma de cono truncado
- Apisonador metálico

PROCEDIMIENTO

- Se seleccionó por cuarteo 1 000g, se colocó en un envase y se puso a secar en el horno a una temperatura de 110°C.
- Se retiró la muestra, se cubrió con agua y se dejó en reposo por 24 horas.
- Se extendió en una superficie plana de aire y se removió para garantizar un secado uniforme.
- Luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie 25 veces con la varilla.
- Seguidamente se levantó el molde para liberar la arena, hasta que se derrumbe, indicando que el agregado fino alcanzó una condición de saturado de superficie seca.

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

FORMULAS

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{W_o}{V - V_o}$$

$$\text{Peso Específico Saturado Superficialmente Seco} = \frac{500}{V - V_o}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{W_o}{(V - V_o) - (500 - W_o)}$$

$$\text{Absorción} = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

Dónde:

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

V : Volumen de frasco (cm³)

V_a : Peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida al Frasco

3.3.5. EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Norma técnica: NTP 339.185.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza
- Horno

PROCEDIMIENTO

- Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso,
- Se llevó el recipiente con la muestra húmeda al horno, para secarla durante 24 horas.

- Se pesó el recipiente con la muestra seca y se determinó la cantidad de agua evaporada.

FORMULA

$$W \% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Dónde:

W_w : Peso de la muestra húmeda.

W_s : Peso de la muestra seca.

W%: Porcentaje de humedad

3.4. EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Análisis granulométrico por tamizado ASTM C-33 de la Cantera Arunta.

Tabla 12.

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM	
3/8"	9,525	0	0,00	0,00	100,00	100	100
Nº 4	4,760	21,3	4,25	4,25	95,75	95	100
Nº 8	2,380	75,3	15,01	19,26	80,74	80	100
Nº 16	1,190	66,3	13,22	32,48	67,52	50	85
Nº 30	0,590	81,8	16,31	48,79	51,21	25	60
Nº 50	0,300	116,1	23,15	71,94	28,06	20	30
Nº 100	0,149	92,3	18,40	90,35	9,65	2	10
BASE		48,4	9,65	100,00	0,00	-	-
TOTAL		501,50		W. Muestra natural (gr) = 512,00			
% error		2,05%		Módulo de Fineza = 2,67			

Fuente: Elaboración Propia

Masa Inicial: 512,00

Masa Final: 501,50

Se obtuvo un error de 10,50 gramos lo que corresponde a un 2,05%

$$Error = \frac{512,00 - 501,50}{512,00} * 100 = 2,05\%$$

Resultados

En la granulometría del agregado fino se obtuvo errores por lo que se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$Corrección = \frac{\text{error en gramos}}{\# \text{ de tamices donde se retuvo masa}}$$

$$Corrección = \frac{10,50}{6} = 1,75 \text{ gr.}$$

Tabla 13.

Análisis granulométrico del agregado fino corregido

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM	ASTM
3/8"	9,525	0	0,00	0,00	100,00	100	100
Nº 4	4,760	23,05	4,50	4,50	95,50	95	100
Nº 8	2,380	77,05	15,05	19,55	80,45	80	100
Nº 16	1,190	68,05	13,29	32,84	67,16	50	85
Nº 30	0,590	83,55	16,32	49,16	50,84	25	60
Nº 50	0,300	117,85	23,02	72,18	27,82	20	30
Nº 100	0,149	94,05	18,37	90,55	9,45	2	10
BASE		48,4	9,45	100,00	0,00	-	-
TOTAL		512,00		W. Muestra natural (gr) =		512,00	
% error		0%		Módulo de Fineza =		2,69	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°11 se observa el análisis granulométrico del agregado fino corregido (arena gruesa) de la cantera Arunta, las aberturas de los tamices, los porcentajes retenidos y acumulados, y los límites según la norma ASTM C-33.

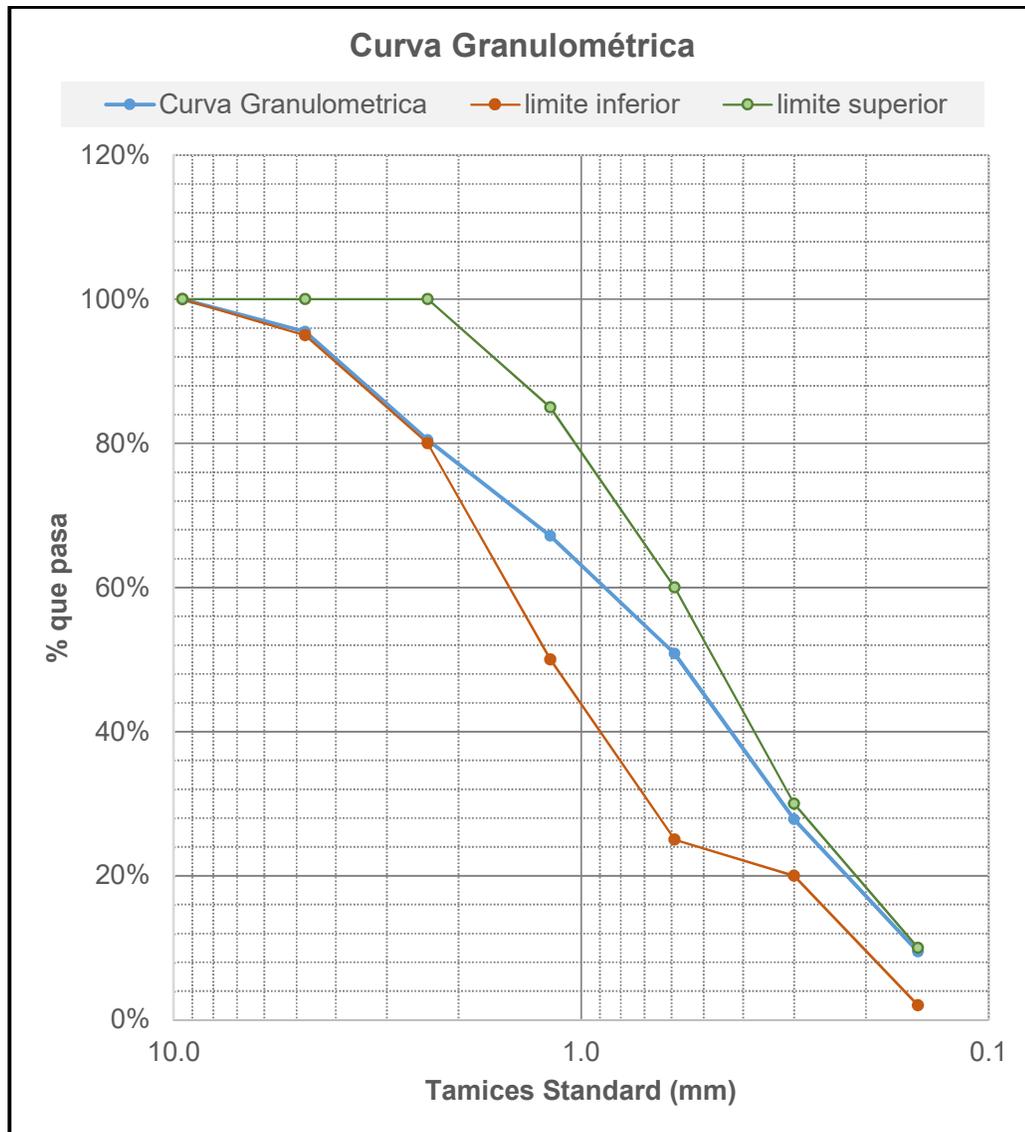


Figura 6. Curva granulométrica del agregado fino. *Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 6. Se observa que la curva granulométrica del agregado fino (arena gruesa) se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C-33.

3.4.2. EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Tabla 14.

Peso unitario suelto del agregado fino (PUS)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555,94	9555,94	9555,94
Peso del Molde	gr.	4478,00	4478,00	4478,00
Peso del Molde + Muestra	gr.	19129,00	19383,00	19336,00
Peso de la Muestra	gr.	14651,00	14905,00	14858,00
Peso Unitario	gr/cc	1,533	1,560	1,555
Peso Unitario (Promedio)	gr/cc		1,549	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15.

Peso unitario compactado del agregado fino (PUC)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555,94	9555,94	9555,94
Peso del Molde	gr.	4478,00	4478,00	4478,00
Peso del Molde + Muestra	gr.	21258,00	21322,00	21335,00
Peso de la Muestra	gr.	16780,00	16844,00	16857,00
Peso Unitario	gr/cc	1,756	1,763	1,764
Peso Unitario (Promedio)	gr/cc		1,761	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3. EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Tabla 16.

Peso específico del agregado fino

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la Tara	gr.	33,50	38,70	34,90
Peso de la Tara + Muestra SSS	gr.	329,90	337,50	320,40
Peso de Muestra seca	gr.	293,70	296,20	282,70
Peso de la Muestra + Fiola + agua	gr.	836,20	844,10	840,20
Peso de la Fiola + agua	gr.	653,00	645,50	662,10
Peso Muestra SSS	gr.	296,40	298,80	285,50
Peso específico aparente (Seco)	gr/cc	2,59	2,96	2,63
Peso específico aparente (SSS)	gr/cc	2,62	2,98	2,66
Peso específico nominal	gr/cc	2,66	3,03	2,70
Peso específico aparente (Seco) (Prom.)	gr/cc		2,73	
Peso específico aparente (SSS) (Prom.)	gr/cc		2,75	
Peso específico nominal (Promedio)	gr/cc		2,80	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17.

Porcentaje de absorción del agregado fino

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la Tara + Muestra seca SSS	gr.	400,70	401,70	350,10
Peso Muestra Seca	gr.	397,80	399,10	347,40
Absorción	%	0,73	0,65	0,78
Absorción (Promedio)	%		0,72	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.4. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

Tabla 18.

Contenido de humedad del agregado fino

MUESTRA N°	UND.	1	2
Peso de la Tara	gr.	86,40	66,20
Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr.	214,60	173,60
Peso de la Tara + Muestra Seca	gr.	211,80	171,60
Peso de la Muestra Húmeda	gr.	128,20	107,40
Peso de la Muestra Seca	gr.	125,40	105,40
Peso del Agua	gr.	2,80	2,00
Contenido de Humedad Parcial	%	2,23	1,90
Contenido de Humedad Total	%	2,07	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.5. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 19.

Granulometría del agregado grueso

Tamiz ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Límites de Consistencia
2"	50,800					L. Líquido :--
1 1/2"	38,100	0,0	0,00	0,0	100,0	L. Plástico :--
1"	25,400	61,50	2,49	2,5	97,5	Ind. Plástico :--
3/4"	19,050	513,20	20,75	23,2	76,8	Clas. SUCS :--
1/2"	12,700	1169,00	47,26	70,5	29,5	Clas. AASHTO: --
3/8"	9,525	484,50	19,59	90,1	9,9	Humedad (%) :--
N°4	4,760	165,30	6,68	96,8	3,2	
N°8	2,360	77,65	3,14	99,9	0,1	
N°16	1,190					
N°20	0,840					Especificaciones
N°40	0,420					1 1/2" : 100 - 100
N°50	0,297					1" : 95 - 100
N°100	0,149					1/2" : 25 - 60
N°200	0,074					N°4 : 0- 10
Pasa		2,10				N°8 : 0 - 5

Fuente: Elaboración Propia

Masa Inicial: 2485,30

Masa Final: 2473,25

Se obtuvo un error de 12.05 gramos lo que corresponde a un 0,48%

$$Error = \frac{2485,30 - 2473,25}{2485,30} * 100 = 0,48\%$$

Resultados

En la granulometría del agregado grueso se obtuvo errores por lo que se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$Corrección = \frac{\text{error en gramos}}{\# \text{ de tamices donde se retuvo masa}}$$

$$Corrección = \frac{12,05}{6} = 2,01 \text{ gr.}$$

Tabla 20.

Granulometría del agregado grueso corregido

Tamiz ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Límites de Consistencia
2"	50,800					L. Líquido : --
1 1/2"	38,100	0,0	0,00	0,0	100,0	L. Plástico : --
1"	25,400	63,51	2,56	2,6	97,4	Ind. Plástico : --
3/4"	19,050	515,21	20,73	23,3	76,7	Clas. SUCS : --
1/2"	12,700	1171,01	47,12	70,4	29,6	Clas. AASHTO: --
3/8"	9,525	486,51	19,58	90,0	10,0	Humedad (%) : --
Nº4	4,760	167,31	6,73	96,7	3,3	
Nº8	2,360	79,66	3,21	99,9	0,1	
Nº16	1,190					
Nº20	0,840					Especificaciones
Nº40	0,420					1 1/2" : 100 - 100
Nº50	0,297					1" : 95 - 100
Nº100	0,149					1/2" : 25 - 60
Nº200	0,074					Nº4 : 0- 10
Pasa		2,10				Nº8 : 0 - 5

Fuente: Elaboración Propia

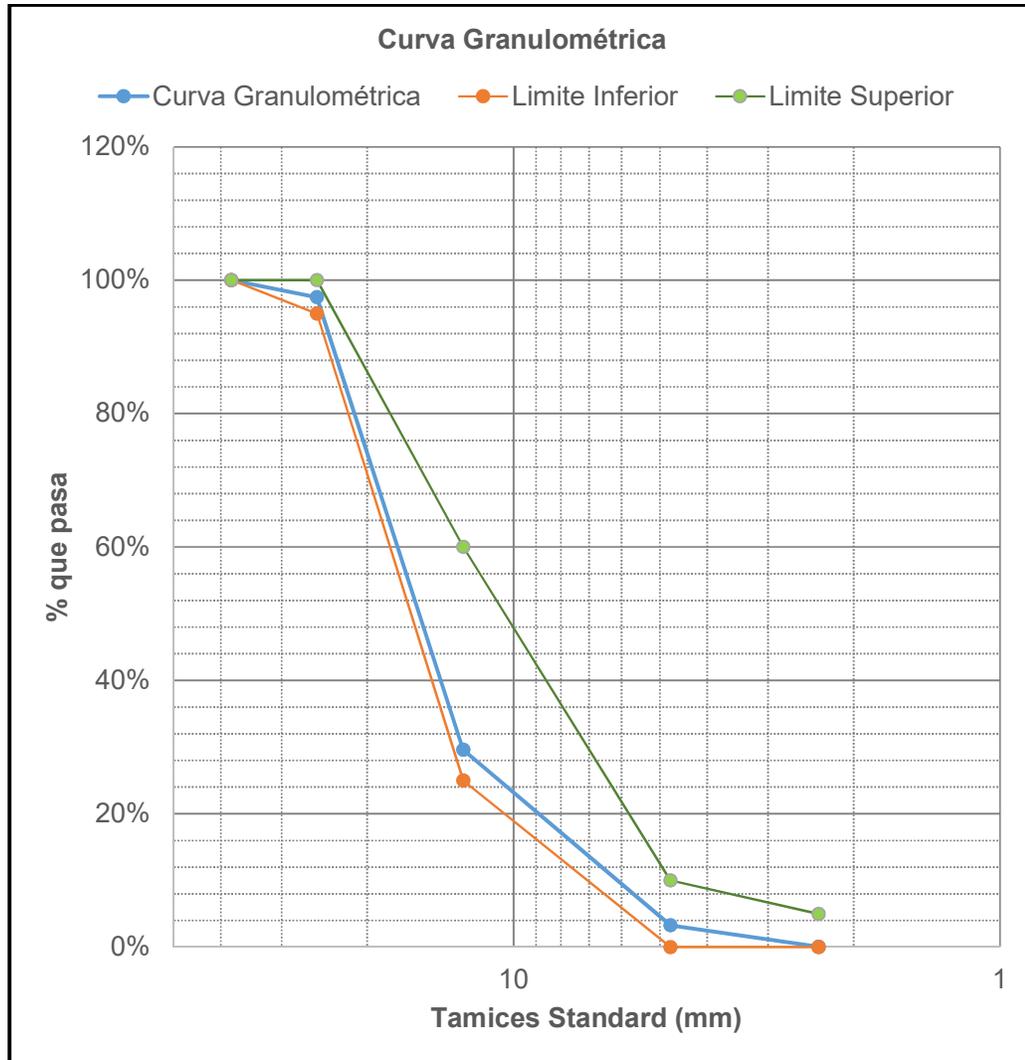


Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7. Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso (piedra chancada de 1/2") se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C-33.

3.4.6. EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 21.

Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555,94	9555,94	9555,94
Peso del Molde	gr.	4030,00	4030,00	4030,00
Peso del Molde + Muestra	gr.	17655,00	17467,00	17350,00
Peso de la Muestra	gr.	13625,00	13437,00	13320,00
Peso Unitario	gr/cc	1,426	1,406	1,394
Peso Unitario (Promedio)	gr/cc		1,409	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22.

Peso unitario compactado del agregado grueso (PUC)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555,94	9555,94	9555,94
Peso del Molde	gr.	4030,00	4030,00	4030,00
Peso del Molde + Muestra	gr.	19084,00	18874,00	19012,00
Peso de la Muestra	gr.	15054,00	14844,00	14982,00
Peso Unitario	gr/cc	1,575	1,553	1,568
Peso Unitario (Promedio)	gr/cc		1,566	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.7. EL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 23.

Peso específico del agregado grueso

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la Tara + Muestra SSS	gr.	301,20	304,30	300,10
Volumen Inicial sin Muestra SSS	ml	500,00	500,00	500,00
Volumen final + Muestra SSS	ml	610,00	620,00	610,00
Volumen desplazado	ml	110,00	120,00	110,00
Peso específico nominal	gr/ml	2,74	2,54	2,73
Peso específico nominal (Promedio)	gr/cc		2,67	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24.*Porcentaje de absorción del agregado grueso*

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la Tara + Muestra seca SSS	gr.	395,60	306,20	309,50
Peso Muestra Seca	gr.	393,20	304,30	308,20
Absorción	%	0,61	0,62	0,42
Absorción (Promedio)	%		0,55	

*Fuente: Elaboración Propia***3.4.8. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO****Tabla 25.***Contenido de humedad del agregado grueso*

MUESTRA N°	UND.	1	2
Peso de la Tara	gr.	81,00	94,70
Peso de la Tara + Muestra Húmeda	gr.	516,60	535,80
Peso de la Tara + Muestra Seca	gr.	515,40	534,60
Peso de la Muestra Húmeda	gr.	435,60	441,10
Peso de la Muestra Seca	gr.	434,40	439,90
Peso del Agua	gr.	1,20	1,20
Contenido de Humedad Parcial	%	0,28	0,27
Contenido de Humedad Total	%		0,27

Fuente: Elaboración Propia

3.4.9. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - MUESTRA PATRÓN

El diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm², se realizó según los pasos descritos en el punto **2.2.10**. teniendo como datos iniciales las características de los materiales.

Tabla 26.

Características de los materiales

CARACTERISTICAS	UND	AG.FINO	AG.GRUESO	CEMENTO
Tamaño máximo nominal	-	-	1"	-
Módulo de Fineza (Media)	-	2,69	-	-
Peso unitario suelto	gr/cc	1,549	1,409	-
Peso unitario compactado	gr/cc	1,761	1,566	-
Contenido de humedad	%	2,07	0,27	-
Peso especifico	gr/cc	2,8	2,67	2,85
Absorción	%	0,72	0,55	-
Agua del servicio de agua potable				

Fuente: Elaboración Propia

1) Selección de la resistencia promedio.

Al no encontrarse un registro de ensayos para el cálculo de la desviación estándar, se utilizó la **Tabla 4**. para el cálculo de la resistencia promedio.

$$f'cr = f'cr + 84$$

$$f'cr = 210 + 84$$

$$f'cr = 294$$

Se tiene como resistencia de diseño final 294 kg/cm².

2) Selección del tamaño máximo nominal (TMN).

De acuerdo a la granulometría del agregado grueso, el primer retenido se da en la malla de 1", por lo tanto:

$$\text{el Tamaño Maximo Nominal} = 1"$$

3) Selección del asentamiento.

La mezcla requiere que tenga una consistencia plástica. Por lo tanto, utilizando la **Tabla 6**. se determina que:

$$\text{Asentamiento} = 3'' - 4''$$

4) Selección del volumen unitario de agua de diseño.

Utilizando la **Tabla 7.** para un asentamiento de 3'' a 4'' y un TMN de 1'', obtenemos un volumen unitario de agua de 193 Lt/m³.

5) Selección del contenido de aire.

Ingresando a la **Tabla 7.** vemos que para un TMN de 1'', el aire atrapado es de 1.5 %

6) Selección de la relación agua-cemento (a/c)

Utilizando la **Tabla 8.** para un concreto $f'c=294$ kg/cm² y concreto sin aire incorporado obtenemos por regla de tres simples una relación de agua cemento (a/c) de 0.5584

7) Determinación del factor cemento (Fc)

El factor cemento se obtiene dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua-cemento.

$$F_c = (\text{Volumen unitario}) / (a/c)$$

$$F_c = 193 / 0.5584$$

$$F_c = 345.63$$

Entonces tenemos que el factor de cemento o la cantidad de cemento es de 345.63 kg/m³.

8) Determinación del contenido de agregado grueso

Se utiliza la **Tabla 10.** Con un módulo de fineza del agregado fino de 2.69 y un TMN del agregado grueso de 1'', con una regla de tres simples tenemos que (b/bo) = 0.731

$$\text{Cont. Agreg. Grueso} = (b/bo) * P.U.C. \text{ Agreg. Grueso}$$

$$\text{Cont. Agreg. Grueso} = 0.731 * 1566$$

$$\text{Cont. Agreg. Grueso} = 1144.75$$

Entonces tenemos que el peso del agregado grueso es de 1144.75 kg/m³.

9) Determinación de la suma de los volúmenes absolutos (C+A+Ai+AG)

Como ya conocemos el volumen de aire atrapado, así como los pesos del agregado grueso, cemento y agua, seguidamente calculamos la suma de los volúmenes absolutos.

$$\begin{aligned}
 \text{cemento} &= (345.63/2.85) * 1000 = 0.121 \\
 \text{agua} &= (193/1) * 1000 = 0.193 \\
 \text{aire} &= (1.5\%)/100 = 0.015 \\
 \text{Ag. Grueso} &= (1144.746/2.67) * 1000 = \underline{0.429} \\
 \text{suma de volúmenes conocidos} &= 0.758
 \end{aligned}$$

10) Determinación del peso seco del agregado fino.

Para calcular el volumen absoluto del agregado fino debemos restar la unidad cubica menos la suma de los volúmenes absolutos. El peso seco del agregado fino resulta de la multiplicación del volumen absoluto por su peso específico.

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen absoluto del Ag. Fino} &= 1 - 0.758 = 0.242 \text{ m}^3 \\
 \text{Peso seco del Agregado Fino} &= 0.242 * 2.80 * 1000 = 677.55 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

11) Determinación de los valores de diseño de los componentes del concreto.

Los valores de diseño serán:

$$\begin{aligned}
 \text{cemento} &= 345.63 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{agregado fino} &= 677.55 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{agregado grueso} &= 1144.75 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{agua} &= 193 \text{ lt}
 \end{aligned}$$

12) Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción

Procedemos a la corrección por humedad y absorción:

$$\begin{aligned}
 \text{Peso humedo del Ag. Fino} &= 677.55 * 1.0207 = 691.57 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Peso humedo del Ag. Grueso} &= 1144.75 * 1.0027 = 1147.83 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Posteriormente se determina la humedad superficial:

$$\begin{aligned}
 \text{Agregado fino} &= 2.07 - 0.72 = 1.35\% \\
 \text{Agregado Grueso} &= 0.27 - 0.55 = -0.28\%
 \end{aligned}$$

Calculamos el aporte de humedad:

$$\text{Agregado fino} = 677.55 * 1.35/100 = 9.14 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1144.75 * -0.28/100 = \underline{-3.20 \text{ lt/m}^3}$$

$$\text{Aporte total de humedad de los agregados} = 5.94 \text{ lt/m}^3$$

Para obtener el agua efectiva, tendremos que descontar a la cantidad de agua obtenida:

$$\text{Agua efectiva} = 193 - 5.94 = 187.05 \text{ lt/m}^3$$

Entonces los pesos de los materiales corregidos serán los siguientes:

$$\text{cemento} = 345.63 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agregado fino} = 691.57 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agregado grueso} = 1147.83 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agua} = 187.05 \text{ lt}$$

13) Determinación de las proporciones en peso.

Para determinar la proporción en peso, todos los componentes del concreto se dividen entre la cantidad de cemento:

$$\text{cemento} = 345.63/345.63 = 1$$

$$\text{agregado fino} = 691.57/345.63 = 2.00$$

$$\text{agregado grueso} = 1147.83/345.63 = 3.32$$

$$\text{agua} = 187.05/345.63 * 42.5 = 23.00 \text{ lt/bolsa}$$

14) Determinación de los pesos por bolsa de cemento.

Una vez concluida con la determinación de las proporciones en peso, se multiplica por 42.5 kg (peso de 1 bolsa de cemento), a los componentes del concreto:

$$\text{cemento} = 1 * 42.5 = 42.5 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado fino} = 2.00 * 42.5 = 85.04 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado grueso} = 3.32 * 42.5 = 141.14 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agua} = 23.00 * 1 = 23.00 \text{ lt/bolsa}$$

Se muestra los valores de diseño del concreto (**Muestra Patrón**), en una proporción en peso respecto a una bolsa de cemento, expresado en kg/bolsa.

3.4.10. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - CHEMA3

Con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con aditivo acelerante de fragua CHEMA 3, utilizando la proporción **SUPERIOR** recomendada por el fabricante. La ficha técnica del aditivo CHEMA 3 indica:

“SUPERIOR: 1,000 ml (1 litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado)”
(Chema3, 2016).

Por lo tanto, al diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón se le restara 1 litro por bolsa de cemento, teniendo como diseño final para el CHEMA 3:

<i>cemento</i>	= 42.5 kg/bolsa
<i>agregado fino</i>	= 85.04 kg/bolsa
<i>agregado grueso</i>	= 141.14 kg/bolsa
<i>agua</i>	= 22.00 lt/bolsa
<i>aditivo CHEMA 3</i>	= 1 lt/bolsa

3.4.11. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - CHEMA ESTRUCT

De igual forma, con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con aditivo acelerante de endurecimiento CHEMA ESTRUCT, utilizando la proporción **SUPERIOR** recomendada por el fabricante. La ficha técnica del aditivo CHEMA ESTRUCT indica:

SUPERIOR: 500 cc (1/2 litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado).

Por lo tanto, al diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón se le restara 1/2 litro por bolsa de cemento, teniendo como diseño final para el CHEMA ESTRUCT:

<i>cemento</i>	= 42.5 kg/bolsa
<i>agregado fino</i>	= 85.04 kg/bolsa
<i>agregado grueso</i>	= 141.14 kg/bolsa
<i>agua</i>	= 22.50 lt/bolsa
<i>aditivo CHEMA ESTRUCT</i>	= 0.5 lt/bolsa

3.4.12. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 - SIKARAPID 1

Posteriormente, con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con aditivo acelerante de endurecimiento SIKARAPID 1, utilizando la proporción **SUPERIOR** recomendada por el fabricante. La ficha técnica del aditivo SIKARAPID 1 indica:

“**SUPERIOR**: Dosis entre 3.9 cm³ a 23.6 cm³ por kilogramos de cemento” (Sika, 2015)

Por lo tanto, al diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón se le restará 23.6 cm³ (1 litro) por bolsa de cemento, teniendo como diseño final para el SIKARAPID 1:

<i>cemento</i>	= 42.5 kg/bolsa
<i>agregado fino</i>	= 85.04 kg/bolsa
<i>agregado grueso</i>	= 141.14 kg/bolsa
<i>agua</i>	= 22.00 lt/bolsa
<i>aditivo SIKARAPID 1</i>	= 1 lt/bolsa

3.4.13. LA ELABORACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO (NTP 339.183)

La norma indica los pasos a seguir para la fabricación de los especímenes de concreto que serán ensayados a compresión. El procedimiento que seguimos se detalla a continuación:

MEZCLADO

Para el mezclado se utilizó una mezcladora tipo trompo de 9p3.

- Primeramente, se encontró las proporciones para una tanda de 0.19 m³, permitiendo elaborar 15 probetas por tanda de mezclado.
- Se pesó cada uno de los componentes de los agregados, cemento, agua y aditivos utilizados en las mezclas.
- Una vez pesados, se puso en funcionamiento la mezcladora, introduciendo primeramente el agregado grueso con una parte del agua, luego se agregó el agregado fino, el cemento y la totalidad del agua. Cuando se utilizaron los aditivos

(Chema 3, Chema Estruct, Sikarapid 1) en la mezcla el aditivo fue mezclado completamente con el agua.

- Se mezcló aproximadamente 05 minutos, luego se vació la mezcla en una carretilla limpia con la mezcladora en funcionamiento.

MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP) (NTP 339.035)

La norma indica el método para calcular el asentamiento del concreto, el cual se realiza haciendo uso del cono de ABRAMS.

El procedimiento efectuado para la ejecución del ensayo fue la siguiente:

- Se obtuvo una muestra representativa en una carretilla.
- Se colocó el molde humedecido sobre una superficie plana
- Se sostuvo el cono de ABRAMS con las dos manos en los estribos del molde.
- Se llenó el cono a 1/3 de su capacidad total.
- Se varillo la capa 25 veces dando vuelta hacia el centro.
- Se llenó el cono a 2/3 de su capacidad total.
- Se varillo la capa 25 veces en todo su grosor, profundizando 1" en la capa anterior.
- Para la última capa se llenó el cono de ABRAMS completamente.
- Se varillo la capa 25 veces en todo su grosor, profundizando 1" en la capa anterior.
- Se enraso la última capa con la varilla y se limpió el cono de ABRAMS.
- Se removió el cono de ABRAMS elevándolo hacia arriba en un tiempo de 5seg.
- Luego se midió el asentamiento (SLUMP) con una regla metálica.

LLENADO DE MOLDES

Después de medido el asentamiento, se continuo con el llenado de los moldes cilíndricos previamente aceitados para evitar la adherencia del concreto a las paredes del molde. El procedimiento fue el siguiente:

- Se vació la mezcla en una carretilla limpia.
- Con ayuda de un cucharón se llenó la briqueta a aproximadamente 1/3 de su volumen.
- Se varillo 25 veces en toda su área.
- Se golpeó exteriormente la briqueta para testigos de concreto de 10 a 15 veces con un martillo de goma.

- Se llenó la briqueta a 2/3 de su capacidad total.
- Se varillo 25 veces, profundizando 1" en la capa anterior.
- Se golpeó exteriormente la briqueta para testigos de concreto de 10 a 15 veces con un martillo de goma.
- Para la última capa se llenó la briqueta totalmente.
- Se varillo 25 veces uniformemente, profundizando 1" en la capa anterior.
- Se golpeó exteriormente la briqueta para testigos de concreto de 10 a 15 veces con un martillo de goma.
- Se enrasó la superficie con la varilla y se alisó con una plancha.
- Se acondicionó un lugar adecuado para luego ser desmoldado a las 24 horas.

CURADO DE ESPECIMENES

Los especímenes de concreto (144) fueron colocados en un lugar adecuado para su curado, se los codificó y traslado al pozo de curado del laboratorio y se lo introdujo completamente en el agua hasta completar los 3, 7, y 14 días de elaborado.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrará los resultados de los ensayos realizados al concreto endurecido con los diferentes tratamientos y a diferentes edades. Este ensayo se encuentra en la norma de **NTP 339.034**. Con los resultados se generarán cuadros comparativos entre la muestra patrón y los diferentes acelerantes de fragua y endurecimiento, sometidos principalmente a esfuerzos de compresión.

A su vez la **NTP 034.34** indica que si la relación altura/diámetro (L/D) de la probeta es 1.75 o menor, se deberá corregir el resultado obtenido multiplicando por el correspondiente factor de corrección de la siguiente tabla:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

4.1. EL RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS

Tabla 27.

Resistencia a la compresión a los 3 días, T1, Sin Aditivo.

3 Días	Inicio:05/12/2017			Final:18/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T1	15,2	30,2	13164	1,99	231,42	181,459	130,047
	15,3	30,2	13197	1,97	261,93	183,854	145,274
	15,1	30,3	13149	2,01	263,79	179,079	150,207
	15,1	30,2	13064	2,00	272,81	179,079	155,343
	15,2	30,2	13047	1,99	245,43	181,459	137,920
	15,2	30,3	13172	1,99	221,11	181,459	124,253
	15,1	30,2	13187	2,00	246,83	179,079	140,550
	15	30,2	13156	2,01	267,83	176,715	154,548
	15	30,3	13071	2,02	281,73	176,715	162,568
	15,2	30,2	13036	1,99	220,17	181,459	123,725
	15,1	30,3	13166	2,01	256,71	179,079	146,176
	15,3	30,2	13082	1,97	291,31	183,854	161,569

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28.

Resistencia a la compresión a los 3 días, T2, Aditivo SikaRapid1

3 Días	Inicio:05/12/2017			Final:18/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T2	15,2	30,1	13217	1,98	321,88	181,459	180,881
	15,3	30,2	13128	1,97	295,96	183,854	164,148
	15,2	30,3	13213	1,99	297,63	181,459	167,254
	15,2	30,2	13199	1,99	280,45	181,459	157,599
	15,1	30,3	13247	2,01	265,96	179,079	151,443
	15,1	30,2	13194	2,00	290,42	179,079	165,371
	15,2	30,3	13216	1,99	292,54	181,459	164,393
	15	30,2	13249	2,01	299,51	176,715	172,828
	15,1	30,3	13194	2,01	302,54	179,079	172,272
	15	30,2	13221	2,01	295,72	176,715	170,641
	15	30,2	13215	2,01	287,59	176,715	165,950
	15,2	30,3	13152	1,99	331,94	181,459	186,534

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29.

Resistencia a la compresión a los 3 días, T3, Aditivo Chema 3

3 Días	Inicio:05/12/2017			Final:18/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T3	15,2	30,3	13029	1,99	263,65	181,459	148,158
	15,1	30,4	13031	2,01	231,07	179,079	131,576
	15,1	30,4	13111	2,01	270,53	179,079	154,045
	15,1	30,2	13079	2,00	278,52	179,079	158,595
	15,2	30,3	13080	1,99	271,39	181,459	152,508
	15,1	30,2	13083	2,00	264,30	179,079	150,497
	15,2	30,4	13115	2,00	270,76	181,459	152,154
	15	30,2	13054	2,01	281,52	176,715	162,447
	15	30,2	13143	2,01	291,43	176,715	168,166
	15,1	30,1	13035	1,99	243,65	179,079	138,739
	15	30,2	13265	2,01	274,52	176,715	158,408
	15	30,4	13021	2,03	261,82	176,715	151,080

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30.

Resistencia a la compresión a los 3 días, T4, Aditivo Chema Estruct

3 Días	Inicio:05/12/2017			Final:18/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T4	15,2	30,3	13164	1,99	351,65	181,459	197,610
	15,1	30,2	16167	2,00	332,16	179,079	189,138
	15,2	30,2	13223	1,99	338,31	181,459	190,114
	15,1	30,2	13250	2,00	315,27	179,079	179,521
	15,2	30,2	13199	1,99	341,29	181,459	191,788
	15,1	30,3	13241	2,01	339,51	179,079	193,323
	15,2	30,2	13165	1,99	351,69	181,459	197,633
	15	30,2	13264	2,01	329,52	176,715	190,145
	15	30,2	13095	2,01	329,54	176,715	190,157
	15	30,1	13195	2,01	349,19	176,715	201,495
	15	30,3	13216	2,02	343,93	176,715	198,460
	15,2	30,2	13194	1,99	301,52	181,459	169,440

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31.

Resistencia a la compresión a los 7 días, T1, Sin Aditivo

7 Días	Inicio:05/12/2017			Final:22/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T1	15,1	30,3	13175	2,01	327,1	179,079	186,257
	15,1	30,1	13120	1,99	318,75	179,079	181,502
	15	30,4	13164	2,03	320,6	176,715	184,998
	15,1	30,4	13174	2,01	344,25	179,079	196,022
	15	30,2	13171	2,01	335,9	176,715	193,827
	15,1	30,2	13152	2,00	339,61	179,079	193,380
	15	30,3	13201	2,02	361,92	176,715	208,841
	15	30,3	13195	2,02	329,59	176,715	190,185
	15	30,2	13794	2,01	305,81	176,715	176,464
	15,2	30,4	13923	2,00	329,63	181,459	185,236
	15,1	30,4	13832	2,01	329,55	179,079	187,652
	15	30,2	13012	2,01	332,05	176,715	191,605

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32.*Resistencia a la compresión a los 7 días, T2, Aditivo SikaRapid1*

7 Días	Inicio:05/12/2017			Final:22/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada(KN)		
T2	15	30,1	13097	2,01	338,4	176,715	195,269
	15	30,2	13084	2,01	377,4	176,715	217,774
	15	30,2	12952	2,01	388,75	176,715	224,323
	15	30,5	13134	2,03	359,35	176,715	207,358
	15	30,2	12983	2,01	394,19	176,715	227,462
	15,1	30,2	13021	2,00	337,43	179,079	192,139
	15,1	30,3	13109	2,01	381,59	179,079	217,285
	15	30,2	13130	2,01	359,72	176,715	207,572
	15	30,2	13094	2,01	375,86	176,715	216,885
	15,2	30,1	13129	1,98	392,61	181,459	220,628
	15,2	30,4	13204	2,00	389,63	181,459	218,953
	15,2	30,4	13141	2,00	368,27	181,459	206,950

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 33.***Resistencia a la compresión a los 7 días, T3, Aditivo Chema 3*

7 Días	Inicio:05/12/2017			Final:22/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada(KN)		
T3	15	30,3	12970	2,02	303,3	176,715	175,015
	15	30,2	13045	2,01	364,1	176,715	210,099
	15	30,3	13061	2,02	383,5	176,715	221,293
	15	30,3	13070	2,02	368,3	176,715	212,523
	15	30,3	13019	2,02	329,8	176,715	190,307
	15,1	30,3	13021	2,01	315,92	179,079	179,891
	15	30,2	13065	2,01	339,12	176,715	195,685
	15	30,3	13154	2,02	326,48	176,715	188,391
	15,2	30,2	13162	1,99	352,19	181,459	197,914
	15	30,1	13056	2,01	361,96	176,715	208,864
	15,1	30,4	13079	2,01	329,54	179,079	187,646
	15	30,2	13165	2,01	316,73	176,715	182,765

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34.*Resistencia a la compresión a los 7 días, T4, Aditivo Chema Estruct*

7 Días	Inicio:05/12/2017			Final:22/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada(KN)		
T4	15	30,1	13079	2,01	369,95	176,715	213,475
	15,1	30,2	13037	2,00	365,85	179,079	208,322
	15	30,4	13261	2,03	342,35	176,715	197,548
	15,1	30,3	13248	2,01	382,95	179,079	218,059
	15	30,3	13073	2,02	328,55	176,715	189,585
	15,1	30,3	13195	2,01	357,32	179,079	203,465
	15	30,2	13254	2,01	366,61	176,715	211,547
	15,2	30,2	13095	1,99	375,92	181,459	211,249
	15	30,4	13194	2,03	349,67	176,715	201,772
	15	30,1	13029	2,01	382,64	176,715	220,797
	15	30,2	13195	2,01	358,39	176,715	206,804
	15,2	30,3	13241	1,99	371,53	181,459	208,782

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 35.***Resistencia a la compresión a los 14 días, T1, Sin Aditivo*

14 Días	Inicio:05/12/2017			Final:29/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T1	15	30,4	13105	2,03	365,6	176,715	210,965
	15	30,2	13011	2,01	399,7	176,715	230,641
	15,1	30,4	13093	2,01	369,2	179,079	210,229
	15	30,4	13212	2,03	418,95	176,715	241,749
	15	30,2	13062	2,01	423,2	176,715	244,202
	15	30,4	13121	2,03	396,41	176,715	228,743
	15,1	30,3	13065	2,01	385,93	179,079	219,756
	15	30,3	13091	2,02	401,52	176,715	231,692
	15	30,1	13165	2,01	378,53	176,715	218,426
	15	30,4	13206	2,03	396,72	176,715	228,922
	15,2	30,2	13168	1,99	385,19	181,459	216,458
	15,1	30,2	13219	2,00	403,72	179,079	229,886

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36.

Resistencia a la compresión a los 14 días, T2, Aditivo SikaRapid1

14 Días	Inicio:05/12/2017			Final:29/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T2	15	30,3	13171	2,02	414,65	176,715	239,268
	15	30,3	13095	2,02	415,85	176,715	239,961
	15,1	30,3	13071	2,01	408,52	179,079	232,619
	15	30,4	13189	2,03	412,74	176,715	238,166
	15	30,2	13112	2,01	403,55	176,715	232,863
	15,2	30,2	13195	1,99	410,26	181,459	230,546
	15	30,3	13154	2,02	412,63	176,715	238,103
	15	30,3	13065	2,02	416,92	176,715	240,578
	15	30,2	13092	2,01	418,46	176,715	241,467
	15,1	30,2	13162	2,00	401,62	179,079	228,690
	15,1	30,2	13196	2,00	403,61	179,079	229,823
	15	30,3	13021	2,02	408,65	176,715	235,806

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37.

Resistencia a la compresión a los 14 días, T3, Aditivo Chema 3

14 Días	Inicio:05/12/2017			Final:29/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada(KN)		
T3	15,1	30,2	12955	2,00	386,95	179,079	220,337
	15	30,2	12966	2,01	363,55	176,715	209,782
	15,1	30,3	13008	2,01	344,2	179,079	195,994
	15	30,3	12967	2,02	355,55	176,715	205,165
	15	30,2	12934	2,01	362,2	176,715	209,003
	15,2	30,2	12939	1,99	396,17	181,459	222,628
	15	30,2	13015	2,01	401,52	176,715	231,692
	15	30,3	13045	2,02	379,53	176,715	219,003
	15,2	30,2	12965	1,99	381,67	181,459	214,480
	15	30,4	13265	2,03	402,18	176,715	232,073
	15	30,2	12951	2,01	399,35	176,715	230,440
	15,1	30,2	13015	2,00	401,57	179,079	228,662

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38.

Resistencia a la compresión a los 14 días, T4, Aditivo Chema Estruct

14 Días	Inicio:05/12/2017			Final:29/12/2017		Área (cm ²)	F'C (kg/cm ²)
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)		
T4	15	30,3	13058	2,02	441,15	176,715	254,560
	15	30,3	13136	2,02	420,4	176,715	242,586
	15	30,5	13328	2,03	416,12	176,715	240,116
	15,1	30,3	12988	2,01	402,21	179,079	229,026
	15	30,3	13138	2,02	389,1	176,715	224,525
	15	30,2	13164	2,01	417,34	176,715	240,820
	15,2	30,3	13072	1,99	419,65	181,459	235,823
	15	30,1	13164	2,01	417,41	176,715	240,861
	15	30,5	13265	2,03	423,57	176,715	244,415
	15,1	30,2	13209	2,00	409,56	179,079	233,211
	15	30,2	12954	2,01	425,71	176,715	245,650
	15	30,3	12465	2,02	420,34	176,715	242,552

Fuente: Elaboración Propia

4.2. EL ANALISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Para el análisis se los datos obtenidos en campo, se planteó en el plan la siguiente distribución, la cual representa la forma de elaboración y toma de datos de los especímenes de concreto, según los tratamientos y los días de ruptura.

Tratamientos				
t ₁	t ₄	t ₂	t ₃	Bloque I
t ₃	t ₄	t ₂	t ₁	Bloque II
t ₃	t ₁	t ₂	t ₄	Bloque III
t ₄	t ₃	t ₁	t ₂	Bloque IV

Figura 8. Aleatorización de los tratamientos, para cada unidad experimental, con cuatro bloques. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39.

Promedio del tratamiento (Sin aditivo) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.

SIN ADITIVO	F'C (3 Días)	F'C (7 Días)	F'C (14 Días)
	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Bloque	T1	T1	T1
I	141,84	184,25	217,28
II	139,17	194,41	238,23
III	152,56	191,83	223,29
IV	143,82	188,16	225,09

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40.

Promedio del tratamiento (Aditivo SikaRapid1) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.

SIKARAPID 1	F'C (3 Días)	F'C (7 Días)	F'C (14 Días)
	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Bloque	T2	T2	T2
I	170,76	212,46	237,28
II	158,14	208,99	233,86
III	169,83	213,91	240,05
IV	174,38	215,51	231,44

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41.

Promedio del tratamiento (Aditivo Chema 3) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.

CHEMA 3	F'C (3 Días)	F'C (7 Días)	F'C (14 Días)
	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Bloque	T3	T3	T3
I	144,59	202,14	208,70
II	153,87	194,24	212,27
III	160,92	194,00	221,72
IV	149,41	193,09	230,39

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42.

Promedio del tratamiento (Aditivo Chema Estruct) a los 3, 7 y 14 días de ensayo a compresión de los especímenes de concreto.

CHEMA ESTRUCT	F'C (3 Días) Kg/cm2	F'C (7 Días) Kg/cm2	F'C (14 Días) Kg/cm2
Bloque	T4	T4	T4
I	192,29	206,45	245,75
II	188,21	203,70	231,46
III	192,64	208,19	240,37
IV	189,80	212,13	240,47

Fuente: Elaboración Propia

4.3. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - 3 DÍAS

Tabla 43.

Análisis de varianza de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de espécimen de concreto.

Fuente de variabilidad					F		Significación
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0,05	0,01	
Bloques	3	179,43	59,81	2,36	3,86	6,99	NS
Tratamiento	3	5033,98	1677,99	66,34	3,86	6,99	**
Error	9	227,65	25,29				
Total	15	5441,06				C.V. =	3,07%

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

G.L. = Grados de Libertad

F.C. = F calculada

S.C. = Suma de Cuadrados

F = Fisher

C.M. = Cuadrados Medios.

C.V. = Coeficiente de variabilidad

En la tabla 43 del análisis de varianza para resistencia a la compresión a los 3 días se observó que no existieron diferencias significativas entre los bloques, es decir, fueron homogéneos y no hubo eficiencia en el arreglo de bloques.

Para los tratamientos se concluyó que existieron diferencias altamente significativas entre ellos, es decir que la aplicación de tratamientos influyo en la resistencia a la compresión en cada unidad experimental.

El coeficiente de variación es de 3,07 % indica que el experimento fue bien manejado, estando en los rangos aceptables para las condiciones del experimento.

Tabla 44.

Prueba de significación de Duncan de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a la aplicación de tratamientos

O.M.	Tratamiento	Promedio (kg/cm ²)	Significación 0,05
1°	T4 (Chema Estruct)	190,735	a
2°	T2 (SikaRapid 1)	168,276	b
3°	T3 (Chema 3)	152,198	c
4°	T1 (Sin Aditivo)	144,348	c

Prueba de significación			
1° - 4°	46,38700	8,57501	Significativo
1° - 3°	38,53750	8,39899	Significativo
1° - 2°	22,45900	8,04693	Significativo
2° - 4°	23,92800	8,39899	Significativo
2° - 3°	16,07850	8,04693	Significativo
3° - 4°	7,84950	8,04693	No Significativo

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 44 de prueba de significación de Duncan se observó que el primer lugar para resistencia a la compresión a los tres días se obtuvo con la aplicación del aditivo Chema Estruct (T4) con un promedio de 190,735 kg/cm². siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos.

En segundo lugar, se observó el aditivo SikaRapid1 (T2), con un promedio de 168,276 kg/cm², en último lugar se ubicó el tratamiento sin aditivo (T1) con un promedio de 144,348 kg/cm².

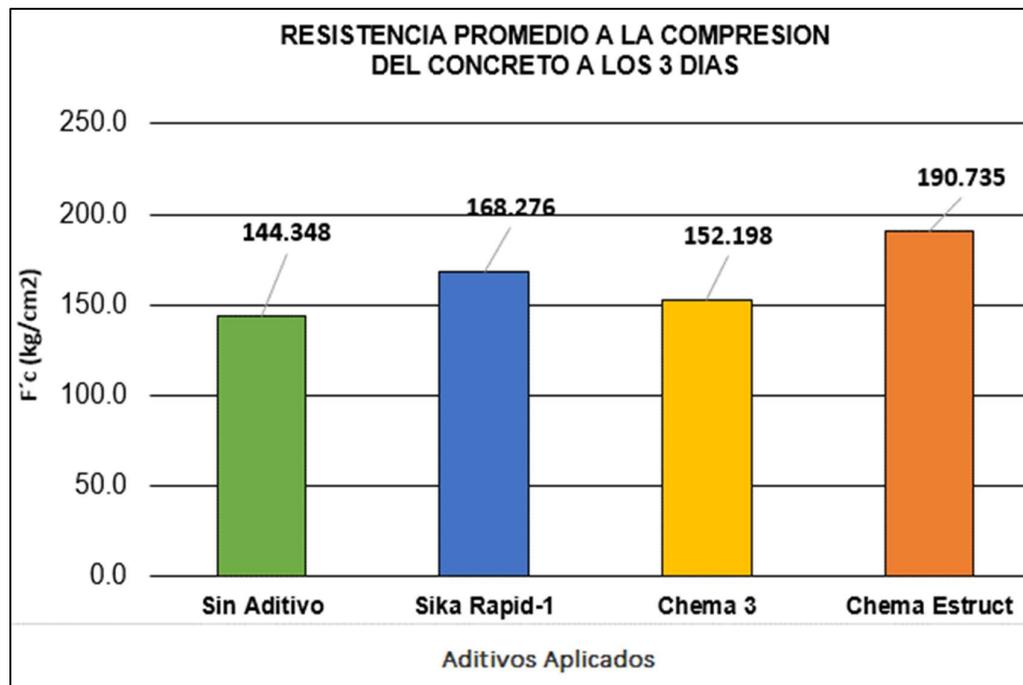


Figura 9. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, según los tratamientos a los 3 días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 45.

Correlación lineal entre la variable diámetro (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coefficiente de correlación (r)	-0,108	
Coefficiente de determinación (r ²)	0,0117	1,177 %
Coefficiente de no determinación (1- r ²)	0,988	98,823 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 45 de correlación lineal entre la variable diámetro y resistencia a la compresión del concreto, se reveló que el 1,177 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió al diámetro de los especímenes y el 98,823 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 46.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable diámetro de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	-0,4084

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 46 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable diámetro y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

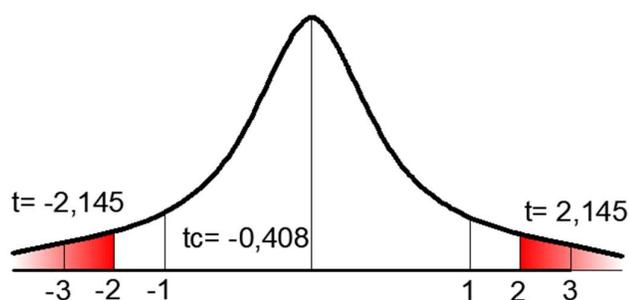


Figura 10. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable diámetro y resistencia a la compresión. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 47.

Correlación lineal entre la variable altura (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coeficiente de correlación (r)	-0,125	
Coeficiente de determinación (r ²)	0,0157	1,571 %
Coeficiente de no determinación (1- r ²)	0,984	98,429 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 47 de correlación lineal entre la variable altura y resistencia a la compresión del concreto, se reveló que el 1,571 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió a la altura de los especímenes y el 98,429 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 48.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable altura de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	-0,4726

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 48 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable altura y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

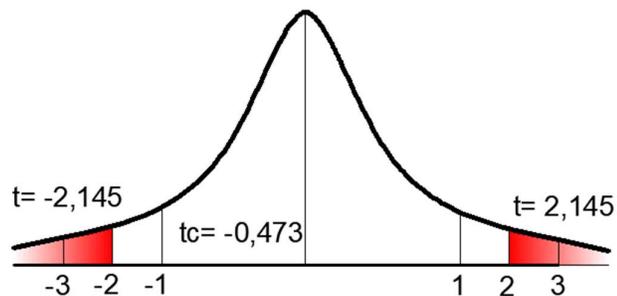


Figura 11. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable altura y resistencia a la compresión. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 49.

Correlación lineal entre la variable Peso (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coefficiente de correlación (r)	0,392	
Coefficiente de determinación (r ²)	0,0153	15,365 %
Coefficiente de no determinación (1- r ²)	0,846	84,635 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 49 de correlación lineal entre la variable peso y resistencia a la compresión del concreto a los tres días, se reveló que el 15,365 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió al peso de los especímenes y el 84,635 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 50.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable peso de espécimen de concreto (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	1,594

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 50 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable peso y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

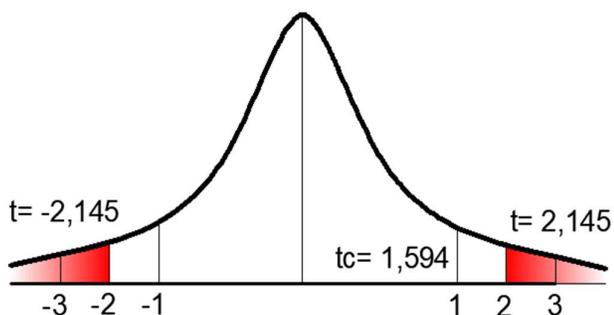


Figura 12. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable peso y resistencia a la compresión a los tres días. *Fuente:* Elaboración propia.

4.4. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 7 DÍAS

Tabla 51.

Análisis de varianza de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de espécimen de concreto.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	FC	F		Significación
					0,05	0,01	
Bloques	3	8,562	2,854	0,157	3,86	6,99	NS
Tratamiento	3	1340,201	446,734	24,527	3,86	6,99	**
Error	9	163,927	18,214				
Total	15	1512,690				C.V. =	2,12%

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

G.L. = Grados de Libertad

F.C. = F calculada

S.C. = Suma de Cuadrados

F = Fisher

C.M. = Cuadrados Medios.

C.V. = Coeficiente de variabilidad

En la tabla 51 del análisis de varianza para resistencia a la compresión a los siete días se observó que no existieron diferencias significativas entre los bloques, es decir, fueron homogéneos y no hubo eficiencia en el arreglo de bloques.

Para los tratamientos se concluyó que existieron diferencias altamente significativas entre ellos, es decir que la aplicación de tratamientos influyo en la resistencia a la compresión en cada unidad experimental.

El coeficiente de variación es de 2,12 % indica que el experimento fue bien manejado, estando en los rangos aceptables para las condiciones del experimento.

Tabla 52.

Prueba de significación de Duncan de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a la aplicación de tratamientos.

O.M.	Tratamientos	Promedio (kg/cm ²)	Significación 0,05
1°	t ₂ (SikaRapid 1)	212,716	a
2°	t ₄ (Chema Estruct)	207,617	b
3°	t ₃ (Chema 3)	195,866	c
4°	t ₁ (Sin Aditivo)	189,664	c

Prueba de significación			
1° - 4°	23,05225	7,27660277	Significativo
1° - 3°	16,85025	7,1272297	Significativo
1° - 2°	-5,09925	6,82848354	No Significativo
2° - 4°	17,953	7,1272297	Significativo
2° - 3°	11,751	6,82848354	Significativo
3° - 4°	6,202	6,82848354	No Significativo

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 52 de prueba de significación de Duncan se observó que el primer lugar para resistencia a la compresión a los siete días se obtuvo con la aplicación del aditivo SikaRapid-1 (t_2), con un promedio de 212,716 kg/cm². siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos.

En segundo lugar, se observó el aditivo Chema Estruct (t_4), con un promedio de 207,617 kg/cm², en último lugar se ubicó el tratamiento sin aditivo (t_1) con un promedio de 189,664 kg/cm².

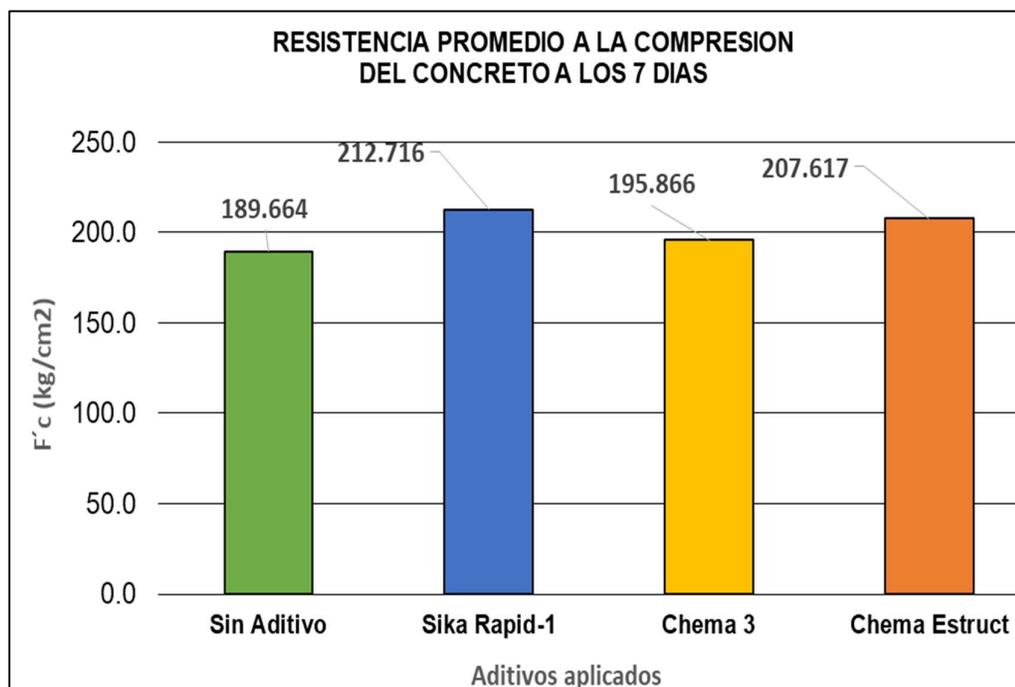


Figura 13. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, según los tratamientos a los siete días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 53.

Correlación lineal entre la variable diámetro (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coeficiente de correlación (r)	-0,193	
Coeficiente de determinación (r^2)	0,0372	3,717 %
Coeficiente de no determinación ($1- r^2$)	0,963	96,283 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 53 de correlación lineal entre la variable diámetro y resistencia a la compresión del concreto a los siete días, se reveló que el 3,717 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió al diámetro de los especímenes y el 96,283 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 54.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable diámetro de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	-0,7352

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 54 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable diámetro y resistencia a la compresión de especímenes de concreto a los siete días, no están asociadas.

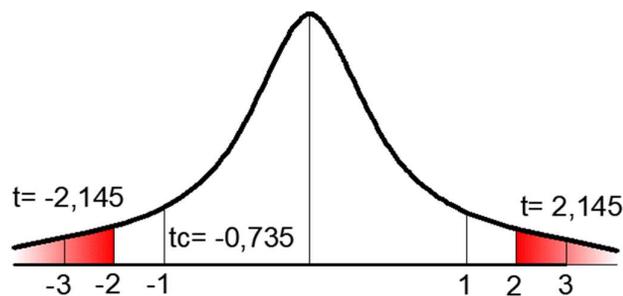


Figura 14. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable diámetro y resistencia a la compresión a los siete días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 55.

Correlación lineal entre la variable altura (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a los siete días.

Coefficiente de correlación (r)	-0,162	
Coefficiente de determinación (r ²)	0,0262	2,618 %
Coefficiente de no determinación (1- r ²)	0,974	97,382 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 55 de correlación lineal entre la variable altura y resistencia a la compresión del concreto a los siete días, se reveló que el 2,618 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió a la altura de los especímenes y el 97,382 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 56.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable altura de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	-0,6134

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 56 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable altura y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

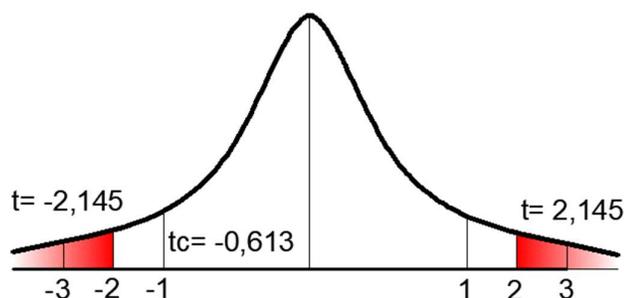


Figura 15. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable altura y resistencia a la compresión a los siete días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 57.

Correlación lineal entre la variable Peso (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coefficiente de correlación (r)	-0,465	
Coefficiente de determinación (r ²)	0,0216	21,615 %
Coefficiente de no determinación (1- r ²)	0,784	78,385 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 57 de correlación lineal entre la variable peso y resistencia a la compresión del concreto a los siete días, se reveló que el 21,615 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió al peso de los especímenes y el 78,385 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 58.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable peso de espécimen de concreto (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	-1,9648

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 58 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable peso y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

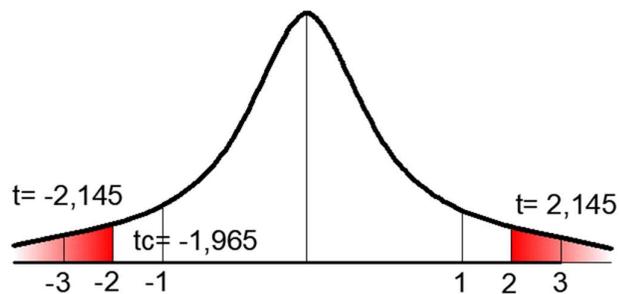


Figura 16. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable peso y resistencia a la compresión a los siete días. *Fuente:* Elaboración propia.

4.5. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – 14 DÍAS

Tabla 59.

Análisis de varianza de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de espécimen de concreto.

Fuente de variabilidad					F		Significación
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0,05	0,01	
Bloques	3	55,2186	18,4062	0,2700	3,86	6,99	NS
Tratamiento	3	1104,7426	368,2475	5,4023	3,86	6,99	*
Error	9	613,4892	68,1655				
Total	15	1773,4504			C.V. = 3,59%		

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

G.L. = Grados de Libertad

F.C. = F calculada

S.C. = Suma de Cuadrados

F = Fisher

C.M. = Cuadrados Medios.

C.V. = Coeficiente de variabilidad

En la tabla 59 del análisis de varianza para resistencia a la compresión a los 14 días se observó que no existieron diferencias significativas entre los bloques, es decir, fueron homogéneos y no hubo eficiencia en el arreglo de bloques.

Para los tratamientos se concluyó que existieron diferencias significativas entre ellos, es decir que la aplicación de tratamientos influyo parcialmente en la resistencia a la compresión en cada unidad experimental.

El coeficiente de variación es de 3,59 % indica que el experimento fue bien manejado, estando en los rangos aceptables para las condiciones del experimento.

Tabla 60.

Prueba de significación de Duncan de Resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a la aplicación de tratamientos.

O.M.	Tratamientos	Promedio (kg/cm²)	Significación 0,05
1°	t_4 (Chema Estruct)	239,512	a
2°	t_2 (Sika Rapid-1)	235,658	b
3°	t_1 (Sin Aditivo)	225,972	c
4°	t_3 (Chema 3)	218,271	c

Prueba de significación			
1° - 4°	21,24075	14,076886	Significativo
1° - 3°	13,53975	13,7879177	No Significativo
1° - 2°	3,8545	13,209981	No Significativo
2° - 4°	17,38625	13,7879177	Significativo
2° - 3°	-9,68525	13,209981	No Significativo
3° - 4°	7,701	13,209981	No Significativo

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 60 de prueba de significación de Duncan se observó que el primer lugar para resistencia a la compresión a los 14 días se obtuvo con la aplicación del aditivo Chema Estruct (t_4), con un promedio de 239,512 kg/cm², siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos.

En segundo lugar, se observó el aditivo SikaRapid-1 (t_2), con un promedio de 235,658 kg/cm², en último lugar se ubicó el tratamiento con aditivo Chema 3 (t_3) con un promedio de 218,271 kg/cm².

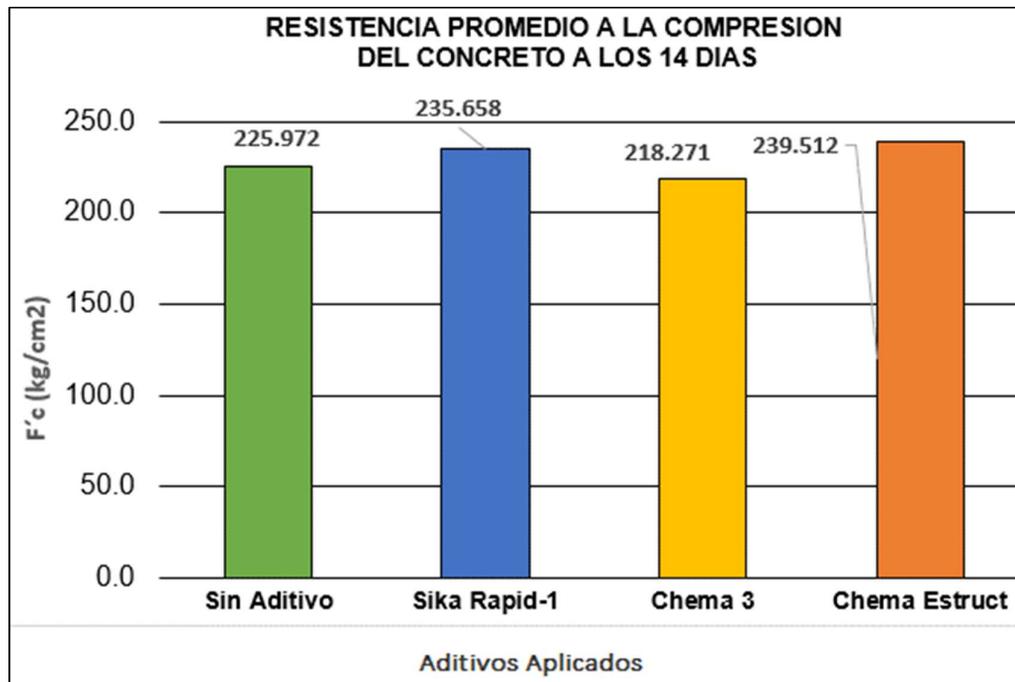


Figura 17. Resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, según los tratamientos a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 61.

Correlación lineal entre la variable diámetro (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coeficiente de correlación (r)	-0,192	
Coeficiente de determinación (r ²)	0,0370	3,717 %
Coeficiente de no determinación (1- r ²)	0,963	96,296 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 61 de correlación lineal entre la variable diámetro y resistencia a la compresión del concreto a los 14 días, se reveló que el 3,717 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió al diámetro de los especímenes y el 96,296 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 62.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable diámetro de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

Valores de Tabla			
G.L.	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	-0,7338

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 62 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable diámetro y resistencia a la compresión de especímenes de concreto a los 14 días, no están asociadas.

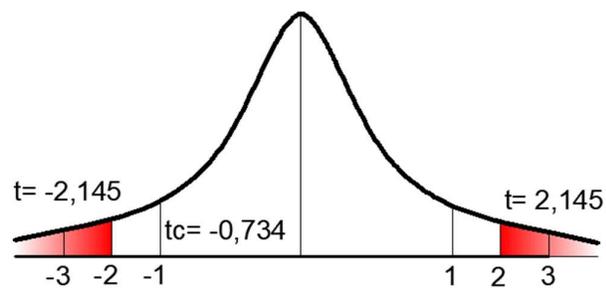


Figura 18. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable diámetro y resistencia a la compresión a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 63.

Correlación lineal entre la variable altura (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto a los 14 días.

Coeficiente de correlación (r)	0,214	
Coeficiente de determinación (r ²)	0,0457	4,565 %
Coeficiente de no determinación (1- r ²)	0,954	95,435 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 63 de correlación lineal entre la variable altura y resistencia a la compresión del concreto a los 14 días, se reveló que el 4,565 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió a la altura de los especímenes y el 95,435 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 64.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable altura de espécimen de concreto (cm) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

Valores de Tabla			
G.L.	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	0,818

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 64 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable altura y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

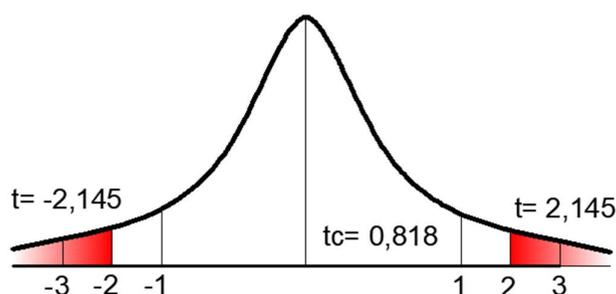


Figura 19. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable altura y resistencia a la compresión a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 65.

Correlación lineal entre la variable Peso (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto.

Coeficiente de correlación (r)	0,338	
Coeficiente de determinación (r ²)	0,0114	11,435 %
Coeficiente de no determinación (1- r ²)	0,886	88,565 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 65 de correlación lineal entre la variable peso y resistencia a la compresión del concreto a los 14 días, se reveló que el 11,435 % de la variabilidad de la resistencia del concreto se debió al peso de los especímenes y el 88,565 % de variabilidad fue propia del diseño de mezclas, proceso de curado y condiciones climáticas.

Tabla 66.

Prueba de hipótesis, de la correlación lineal entre la variable peso de espécimen de concreto (kg) y resistencia a la compresión (kg/cm²).

G.L.	Valores de Tabla		
	$\alpha = 0,05$		tc
14	-2,145	2,145	1.3444

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 66 se observó que el valor de tc, está dentro de la no asociación de las variables según los valores de la tabla de distribución t de student, por lo tanto, la variable peso y resistencia a la compresión de especímenes de concreto, no están asociadas.

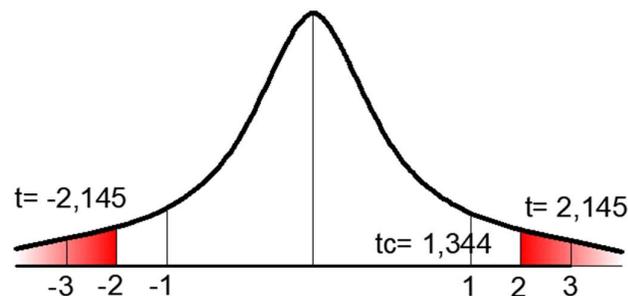


Figura 20. Valores calculados de la tabla de distribución t de student para la variable peso y resistencia a la compresión a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

4.6. LA REGRESION LINEAL

Tabla 67.

Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm²) de especímenes de concreto del tratamiento (Sin Aditivo).

Covarianza (Sxy)	148,143	
Desviación estándar (Sx)	4,546	
Desviación estándar (Sy)	33,39	
Coefficiente de correlación (r)	0,976	97,59 %
Factor de determinación (r ²)	0,952	95,25 %

Fuente: Elaboración Propia

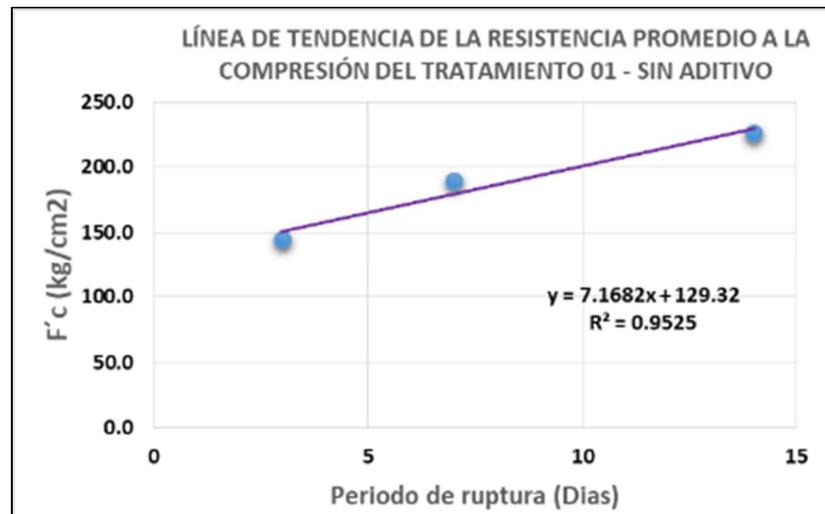


Figura 21. Ecuación de la regresión lineal de los 3 a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm^2), Sin aditivo. *Fuente:* Elaboración propia.

En la figura 21 la relación que se establece entre la resistencia a la compresión del concreto, a lo largo de 14 días es representada por la ecuación $y=7.1682x+129.32$, con una correlación muy alta ($r=0.976$) y su coeficiente de determinación (r^2) de 0.952; es decir conseguiremos explicar el 95,2% de la resistencia a los 14 días, en ensayos futuros mediante este modelo, sin la aplicación de aditivo.

Se observa que la correlación lineal entre las variables aleatorias analizadas es muy fuerte con un alto poder de predicción de la variable dependiente.

Tabla 68.

Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) de especímenes de concreto del tratamiento (Aditivo SikaRapid-1).

Covarianza (S_{xy})	119,949	
Desviación estándar (S_x)	4,546	
Desviación estándar (S_y)	27,97	
Coefficiente de correlación (r)	0,943	94,33 %
Factor de determinación (r^2)	0,890	88,98 %

Fuente: Elaboración Propia

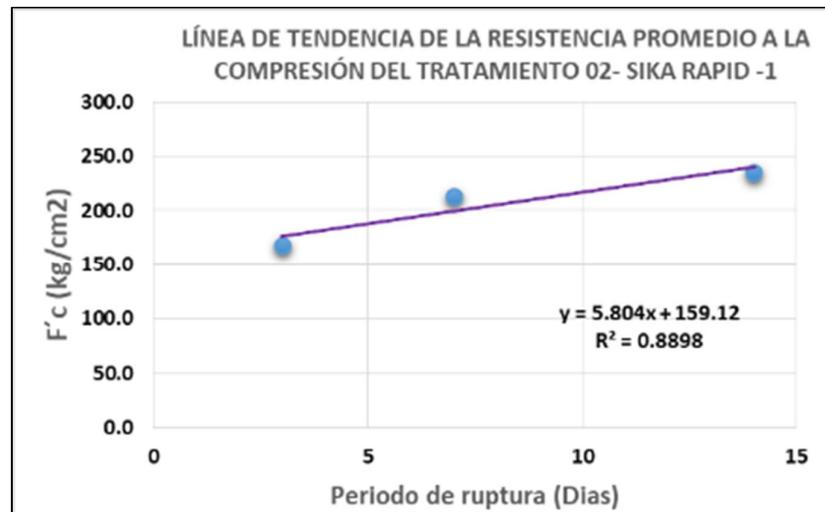


Figura 22. Ecuación de la regresión lineal de los 3 a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm^2), con aditivo SikaRapid1. *Fuente:* Elaboración propia.

En la figura 22 la relación que se establece entre la resistencia a la compresión del concreto, a lo largo de 14 días es representada por la ecuación $y=5.804x+159.12$, con una correlación muy alta ($r=0.943$) y su coeficiente de determinación (r^2) de 0.889; es decir conseguiremos explicar el 88,98% de la resistencia a los 14 días, en ensayos futuros mediante este modelo con la aplicación de aditivo SikaRapid-1.

Se observa que la correlación lineal entre las variables aleatorias analizadas es muy fuerte con un alto poder de predicción de la variable dependiente.

Tabla 69.

Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) de especímenes de concreto del tratamiento (Chema 3).

Covarianza (S_{xy})	117,591	
Desviación estándar (S_x)	4,546	
Desviación estándar (S_y)	27,436	
Coeficiente de correlación (r)	0,943	94,28 %
Factor de determinación (r^2)	0,889	88,89 %

Fuente: Elaboración Propia

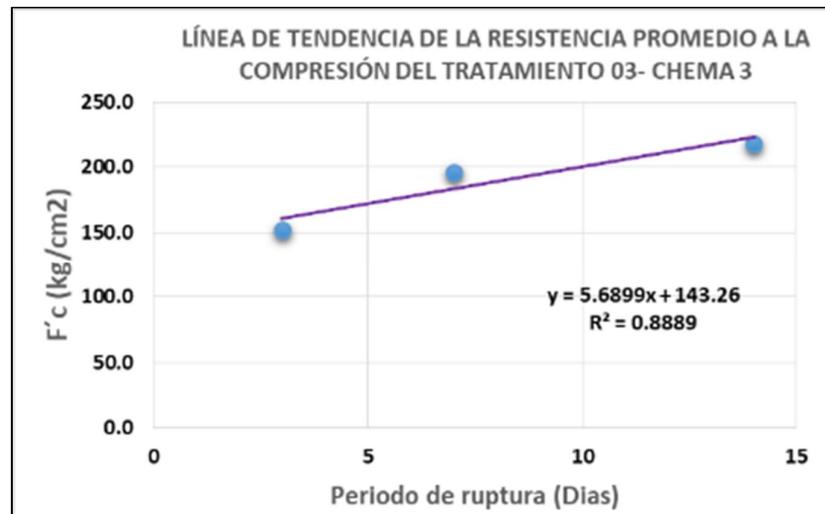


Figura 23. Ecuación de la regresión lineal de los 3 a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm^2), con aditivo Chema 3. *Fuente:* Elaboración propia.

En la figura 23 la relación que se establece entre la resistencia a la compresión del concreto, a lo largo de 14 días es representada por la ecuación $y=5.689x+143.26$, con una correlación muy alta ($r=0.943$) y su coeficiente de determinación (r^2) de 0.889; es decir conseguiremos explicar el 88,89% de la resistencia a los 14 días, en ensayos futuros mediante este modelo con la aplicación de aditivo Chema 3.

Se observa que la correlación lineal entre las variables aleatorias analizadas es muy fuerte con un alto poder de predicción de la variable dependiente.

Tabla 70.

Regresión lineal de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) de especímenes de concreto del tratamiento (Chema Estruct).

Covarianza (S_{xy})	91,926	
Desviación estándar (S_x)	4,546	
Desviación estándar (S_y)	20,23	
Coeficiente de correlación (r)	0,999	99,98 %
Factor de determinación (r^2)	0,999	99,96 %

Fuente: Elaboración Propia

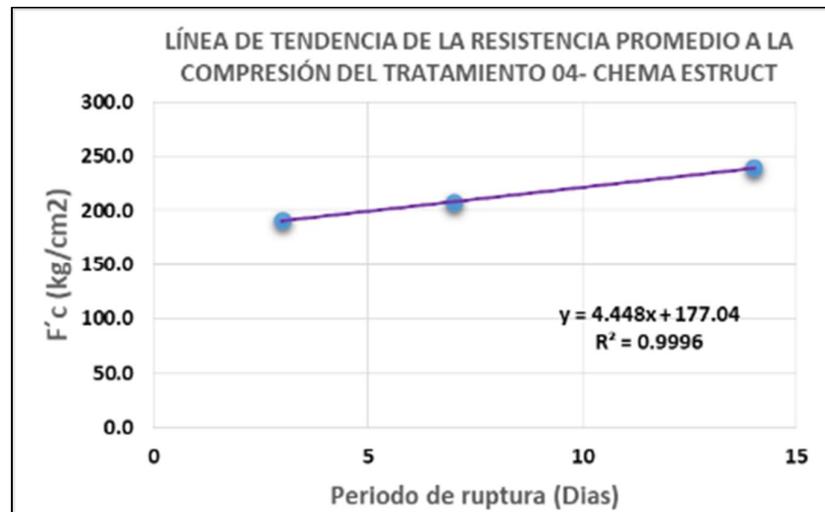


Figura 24. Ecuación de la regresión lineal de los 3 a 14 días de la resistencia a compresión del concreto (kg/cm^2), con aditivo Chema Estruct. *Fuente:* Elaboración propia.

En la figura 24 la relación que se establece entre la resistencia a la compresión del concreto, a lo largo de 14 días es representada por la ecuación $y=4.448x+177.04$, con una correlación muy alta ($r=0.999$) y su coeficiente de determinación (r^2) de 0.999; es decir conseguiremos explicar el 99,96% de la resistencia a los 14 días, en ensayos futuros mediante este modelo con la aplicación de aditivo Chema Estruct.

Se observa que la correlación lineal entre las variables aleatorias analizadas es muy fuerte con un alto poder de predicción de la variable dependiente.

4.7. EL COMPORTAMIENTO DEL F'c DURANTE EL ENSAYO

Tabla 71.

Resultados de F'c de los especímenes de concreto alterados con la aplicación de aditivos, durante 14 días.

DIAS	Resultados de F'c (kg/cm ²)			
	Sin Aditivo	Sika Rapid-1	Chema 3	Chema Estruct
3	144,348	168,276	152,198	190,735
7	189,664	212,716	195,866	207,617
14	225,972	235,658	218,271	239,512

Fuente: Elaboración Propia

Inicialmente el tratamiento cuatro (t₄) fue superior obteniendo 190.73 kg/cm² a edades tempranas de tres días, a los siete días el tratamiento dos supera al tratamiento cuatro con un valor de 212.71 kg/cm², finalmente a los 14 días el tratamiento cuatro volvió a ser superior al tratamiento dos con una resistencia a la compresión de 239,51 kg/cm².

Los especímenes con tratamiento uno y tres tuvieron un comportamiento inferior a los mencionados en el párrafo anterior.

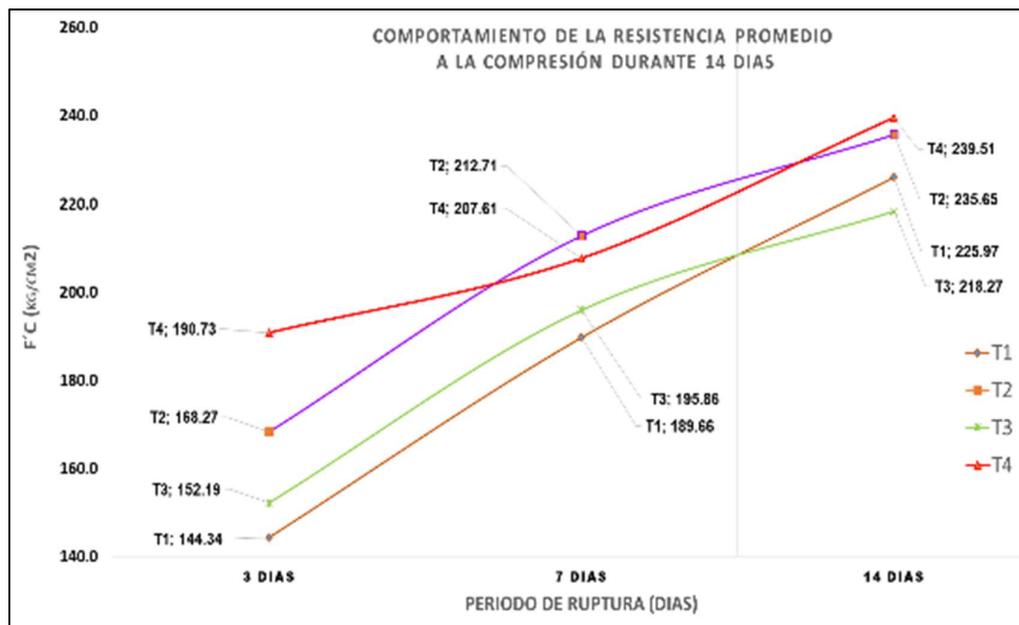


Figura 25. Comportamiento de los especímenes t₁, t₂, t₃, t₄ sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm²), durante los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

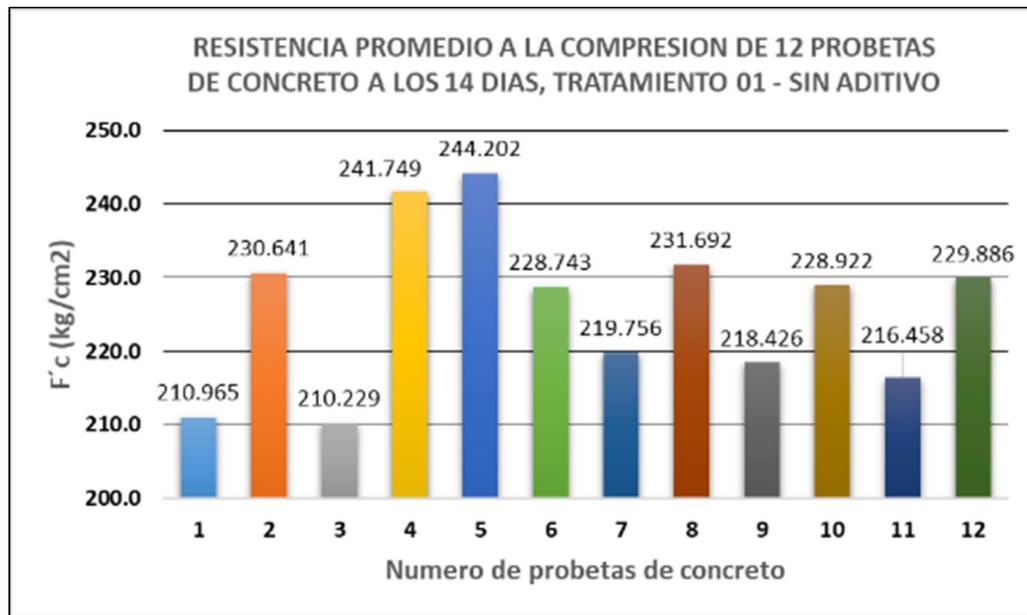


Figura 26. Comportamiento de 12 especímenes t_1 , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm^2), a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

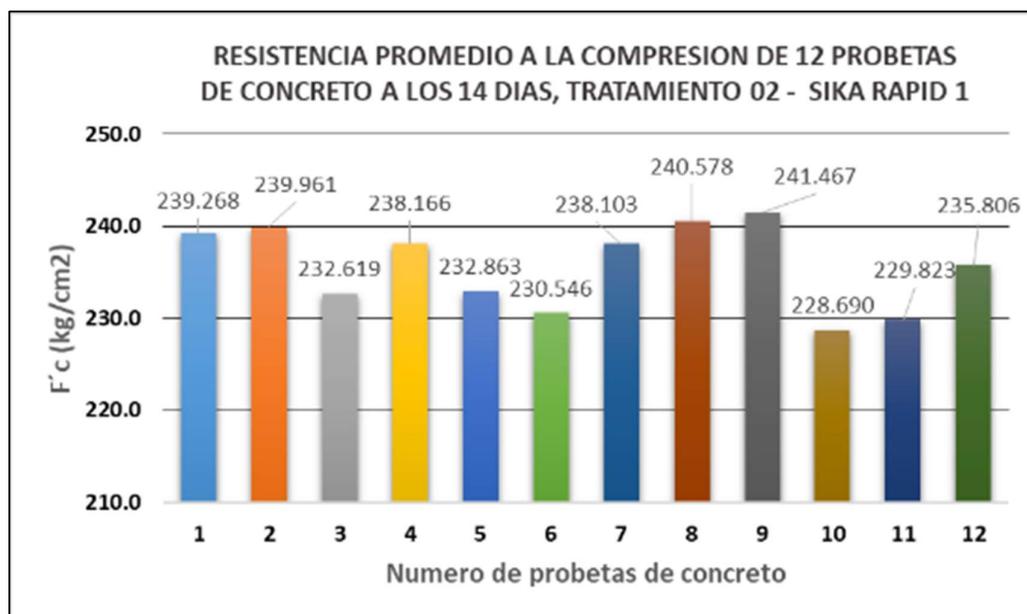


Figura 27. Comportamiento de 12 especímenes t_2 , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm^2), a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

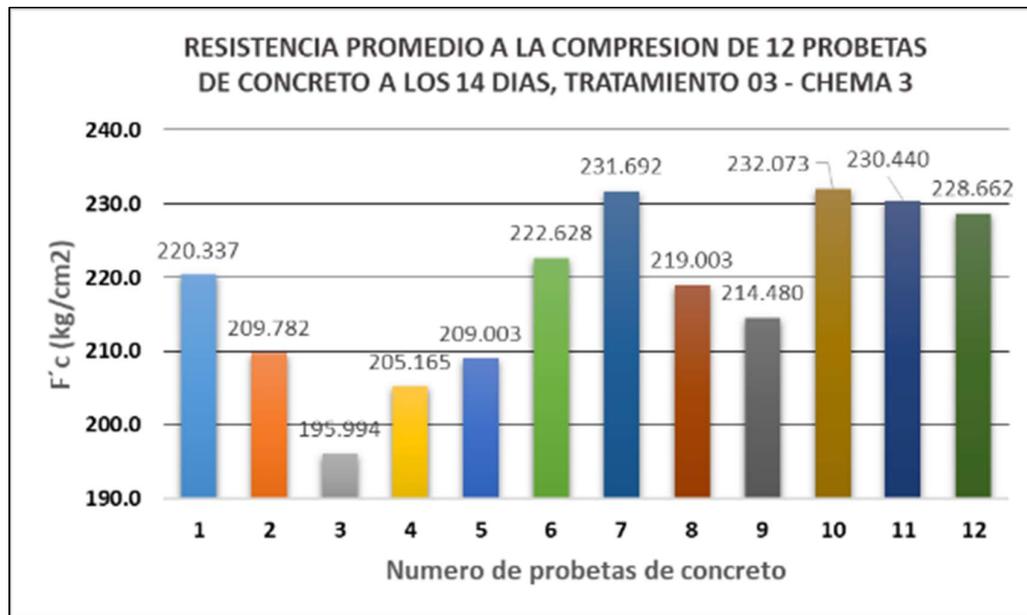


Figura 28. Comportamiento de 12 especímenes t_3 , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm^2), a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

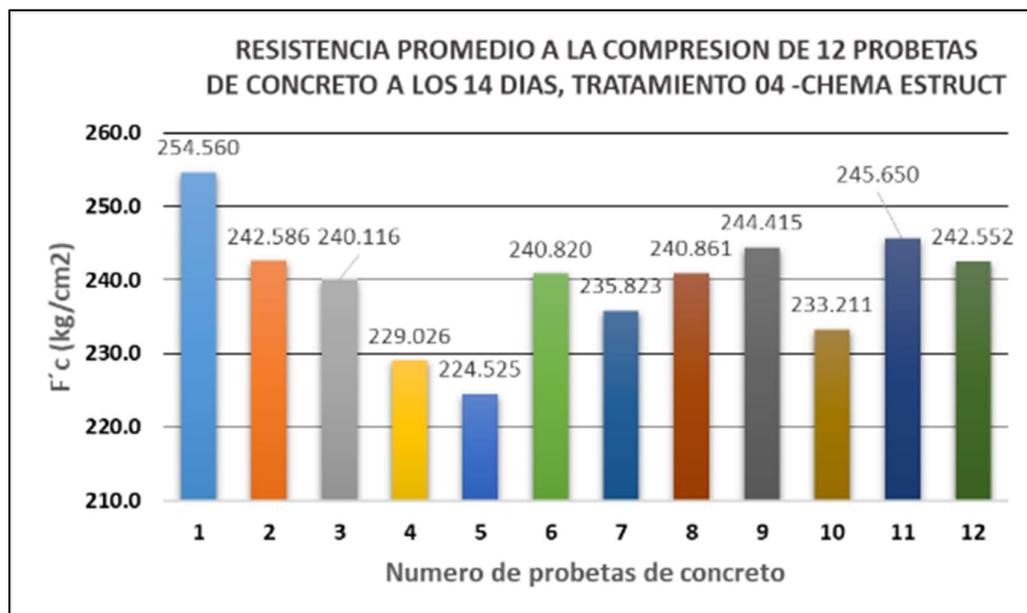


Figura 29. Comportamiento de 12 especímenes t_4 , sometidos a esfuerzos de compresión del concreto (kg/cm^2), a los 14 días. *Fuente:* Elaboración propia.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación, permiten manifestar lo siguiente:

Los Aditivos SikaRapid-1, Chema 3 y Chema Estruct tuvieron diferente grado de influencia en el desarrollo de la compresión de los especímenes de concreto.

Respecto a las edades tempranas de tres días, los tratamientos con aplicación de Aditivo Chema Estruct obtuvieron el mayor promedio con 190,732 kg/cm². A los siete días, los tratamientos con Aditivo Chema 3 y los especímenes sin aditivo son estadísticamente similares, Así mismo, Quispe Zarate & Rivas Arce (2013), en el diseño del concreto con acelerante de resistencia el mejor aditivo fue el concreto con aditivo SIKA RAPID 1 a los 3 días.

Para la resistencia a la compresión a los tres días, la aplicación de Aditivos acelerantes de fragua demostró que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos obteniendo el mayor promedio con el aditivo Chema Estruct el cual fue de 190,732 kg/cm² se presume que fue por la composición y las cualidades adicionales del producto.

Para el comportamiento de los especímenes de concreto a los siete días, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, quiere decir que hubo influencia de los aditivos en la resistencia alcanzada del concreto a los siete días siendo estadísticamente diferentes con el espécimen sin aplicación de aditivo. Sin embargo, Tengan Shimabukuro (2011), Para los valores de resistencia final, se observa que en su mayoría la pérdida de resistencia no pasa del 10% en comparación del concreto patrón. Para los casos donde este porcentaje es mayor, se concluye que el aditivo ha sido sobre dosificado y se traduce en una pérdida desmedida y considerable de la resistencia final.

El mayor promedio se obtiene con la aplicación de Aditivo Sika Rapid-1 con un promedio de 212,716 kg/cm² seguido por el Aditivo Chema Estruct con un promedio de 207,617 kg/cm², los demás tratamientos con Aditivo Chema 3 y el espécimen sin aditivo fueron inferiores y estadísticamente similares.

Para la resistencia a la compresión a los 14 días, la aplicación de Aditivos acelerantes de fragua demostró que existieron bajas diferencias entre los tratamientos; obteniendo el mayor promedio con el aditivo Chema Estruct el cual fue de 239.51 kg/cm² en segundo lugar por orden de méritos con el aditivo SikaRapid1 con 235.65 kg/cm² y 225.97 kg/cm² sin la aplicación de aditivos, se presume que fue por la composición y las cualidades adicionales de los producto que solamente actúan a edades tempranas, llegando a los 14 días a ser casi homogéneos.

CONCLUSIONES

1. El aditivo acelerante Chema Estruct fue superior incrementando la resistencia a esfuerzos de compresión del concreto a los 3 y 14 días respecto a los demás aditivos, con un promedio de 190,735 kg/cm² y 239,512 kg/cm² respectivamente; el aditivo SikaRapid-1 fue superior incrementando la resistencia a esfuerzos de compresión a los 7 días con un promedio de 212,716 kg/cm².
2. Se realizó el diseño de mezclas de concreto mediante el método del comité 211 del ACI para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² utilizando cemento Yura IP, para elaborar especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión según norma NTP 339.034: 2015 a los 3, 7 y 14 días, los resultados promedios con la adición de aditivos superaron la resistencia de diseño a los 7 días con un porcentaje mayor del 90%.
3. Con aplicación de Aditivos Chema Estruct y SikaRapid-1 existieron diferencias altamente significativas a los 3 y 7 días, por lo que se asumen que son más efectivos, además su aplicación tuvo mayores efectos en la resistencia a esfuerzos de compresión del concreto en la ciudad de Tacna con agregados de la cantera "Arunta".
4. La variable peso unitario de los especímenes de concreto a los tres, siete y 14 días obtuvieron los mayores grados de asociación con una resistencia a la compresión de 15,35%, 21,62 % y 11,44% respectivamente. El menor grado de asociación se obtuvo con la variable diámetro de especímenes y resistencia a la compresión del concreto con un 1,18%, 3,72% y 3,70% a los tres, siete y 14 días respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los investigadores utilizar el Aditivo Chema Estruct en diferentes dosis por ser el mejor tratamiento incrementando la resistencia a esfuerzos de compresión a edades tempranas de 3 días a un 190.74 kg/cm².
2. Se recomienda a los profesionales analizar la relación costo beneficio, el momento y entorno antes de utilizar el aditivo Chema Estruct o Sika Rapid 1.
3. Se recomienda realizar otros métodos de diseño de mezclas como módulo de fineza, método de Fuller, método de Walker, etc. Para ensayarlos con los aditivos Chema Estruct y Sika Rapid 1.
4. Se recomienda para futuros trabajos de investigación determinar la dosis óptima del Aditivo Chema Estruct y SikaRapid-1 por ser los tratamientos más efectivos incrementando la resistencia a la compresión del concreto.
5. Se recomienda analizar el grado de asociación de la resistencia a la compresión con otras variables cuantitativas para determinar el mayor grado de asociación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto (Teoría y Problemas)* (Vol. 2da. edición). Lima - Peru: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Asocem. (2013). *Cemento: Lexico basico - Boletín Tecnico N° 93*. Lima - Peru.
- Asocem. (2013). *Concreto: Lexico Basico - Boletín Tecnico N° 94*. Lima - Peru.
- Castellon Corrales, H., & De la Osa Arias, K. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos Tipo I y Tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes*. Tesis de Pregrado, Universidad de Cartagena, Cartagena.
- Chavez Perez, S., & Ñavincopa Juño, J. C. (2013). *Influencia de los aditivos tipo C en la resistencia a la compresion de concretos en la ciudad de Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Chema3. (2016). *Acelerante de fragua para mortero y concreto*. Hoja Tecnica - Chema 3, CHEMA, Lima.
- ChemaEst. (2016). *Acelerante de fragua para concreto armado, sin cloruros*. Hoja Tecnica - CHEMA ESTRUCT, CHEMA, Lima.
- Gomero Cervantes, B. W. (2006). *Aditivos y adiciones minerales para el concreto*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Gutierrez Flores, I. R., & Canales Gutiérrez, Á. (2017). *Manual para la presentación de planes e informes de investigación*. Manual, Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- J. Curbelo, B. (2015). *Concreto Estructural (Tomo I)*. Lima - Peru.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos* (Vol. 2a. Ed.). Mexico, D.F.: Thomson Editores S.A.
- Laura Huanca, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Manual, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Mongomery, D. (2003). *Diseño y análisis de experimentos*. México D.F.: Limusa Wiley.
- Navarro Flores, J. R. (2006). *Diseño experimental: aplicaciones en agricultura*. San José, Costa Rica: Editorial UCR.
- NTP:334.001. (2011 - Revisada el 2016). *Cementos. Definiciones y nomenclatura*. 3ª Edición. Peru.
- NTP:334.088. (2006 - revisado el 2015). *Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto. Especificaciones*. 3ª Edición. Peru.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Peru* (Vol. 2da. edición). Lima - Peru.

- Quispe Zarate, M. K., & Rivas Arce, O. L. (2013). *Estudio comparativo del diseño de mezclas de concreto convencional utilizando diferentes aditivos acelerantes de resistencia; con agregados de las canteras tres tomas y la victoria de la región de lambayeque*. Tesis de Pregrado, Universidad Señor de Sipan, Pimentel.
- Rivera López, G. A. (s.f.). *Concreto Simple*. Cauca - Colombia.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto (1er. edicion)*. Lima - Peru: Fondo Editorial ICG.
- Rivva Lopez, E. (2004). *Control del Concreto en Obra (1era Edicion)*. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Ruiz Panduro, L. N. (2008). *Características del concreto fresco y endurecido fabricado en la ciudad de Arequipa utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire y acelerante de fraguado*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Salamanca Correa, R. (2001). Aplicación del cemento portland y los cementos adicionados. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. Nro 10, 33-38.
- Salguero Girón, R. A. (2004). *Examen de Calidad de los Agregados Para Concreto de Dos Bancos en la Ciudad de Quetzaltenango*. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Samuels, M., Witmer, J., & Schaffner, A. (2012). *Fundamentos de estadística para las ciencias de la vida*. Madrid: Pearson Educacion S.A.
- Santiago Patricia, E. (2011). *Diferentes tipos de aditivos para el concreto*. Monografía, Universidad Veracruzana, Veracruz - Mexico.
- Sencico. (2014). *Manual de Preparación, Colocación y Cuidados del Concreto*. Lima, PERU: CARTOLAN EDITORES SRL.
- Sika. (2015). *Acelerante de Resistencias Iniciales Libre de Cloruros*. Hoja Técnica - SIKARAPID 1, Building Trust SIKA, Lima.
- Tengan Shimabukuro, C. A. (2011). *Análisis comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de alcalis para concreto proyectado o shotcrete*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Peru.
- Torre C., A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto*. Lima - Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Torres Alayo, J. C. (2004). *Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades del concreto*. Lima - Peru.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja Técnica CEMENTO PORTLAND 1P

FICHA TÉCNICA / Versión 2017



DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595		REQUISITOS NORMA NTP 334.099 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
REQUISITOS QUÍMICOS						
MgO (%)	1.5 a 2.4		6.00 Máx.			
SO ₃ (%)	1.5 a 2.3		4.00 Máx.			
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 3.8		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm ³)	2.77 a 2.85					
Expansión en autoclave (%)	0.05 a 0.03		0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 Máx.			
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa
1 día	80 a 104	7.8 a 10.2	-	-	-	-
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín.	13	122 Mín.	12
7 días	225 a 260	22.0 a 25.4	204 Mín.	20	194 Mín.	19
28 días	306 a 350	30.0 a 34.3	255 Mín.	25	-	-
Resistencia a los sulfatos	%		%		%	
% Expansión a los 6 meses	< 0.021%		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0.023%		0.10 Máx			

YURA

COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NORMAS TÉCNICAS



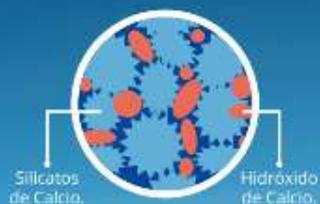
PROPIEDADES

1 ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

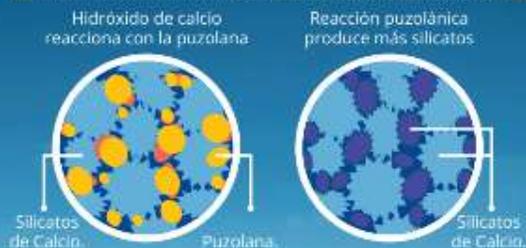
Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25% es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP



La puzolana que contiene el cemento MULTI-PROPÓSITO YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.



2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS Y CLORUROS

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio deshidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP es resistente a los sulfatos, cloruros y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.



3 MAYOR IMPERMEABILIDAD

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

4 REDUCE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos.

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.

- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Guantes Impermeables



Protección Ocular



ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco; bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.



PRESENTACIONES DISPONIBLES

Bolsas 25 Kg	Ergonómico. Ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
Bolsas 42.5 Kg	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Granel	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAÍS	NORMA	DENOMINACIÓN	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.090	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
NORMA CHILENA	NCh 148 Of.68	Cemento Puzolánico	GRADO CORRIENTE
NORMA AMERICANA	ASTM C595	Portland Pozzolan Cement	TYPE IP
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Puzolánico	TIPO P 30
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 490	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
NORMA BRASILEÑA	NBR 5736	Cimento Portland pozolánico	TIPO CP IV 32
NORMA COLOMBIANA	NTC 121 - 321	Cemento Portland	TIPO I

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.



Cuidemos juntos el medio ambiente.

Big Bag: Se sugiere desechar como basura común.

Bolsas: Se sugiere reciclar el envase.



Anexo 2. Hoja Técnica SIKARAPID 1



HOJA TÉCNICA

SikaRapid®-1

Acelerante de Resistencias Iniciales Libre de Cloruros.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales libre de cloruros para concretos y morteros. Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales. SikaRapid®-1 cumple los requisitos de un aditivo acelerado de endurecimiento, sin efectos secundarios no deseados.

USOS

- Concreto para rápida puesta en servicio.
- Concreto curado al vapor.
- Concreto en tiempo frío.
- Concreto prefabricado.
- Desencofrado rápido.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Acelera el proceso de endurecimiento.
- Alta resistencia temprana a temperaturas entre 5 °C y 30 °C en concreto.
- No induce a corrosión de armaduras.
- Compatible con los productos Plastiment®, Sikament®, Sika®ViscoCrete.
- Permite tiempo suficiente para la colocación del concreto.
- Estable a temperaturas entre -5 °C y 40 °C.
- No tóxico para su manipulación ni para el ambiente.

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES

Marrón claro a oscuro

ASPECTO:

Líquido

PRESENTACIÓN

Paquete de 4 envases PET x 4 Litros

Cilindro x 180 Litros

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

Al menos 1 año en sus envases originales bien cerrados y no deteriorados, al resguardo del sol y las heladas.

DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD 1.27 kg/L \pm 0.01</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED SikaRapid®-1 cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)</p>
-----------------------	--

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS SikaRapid®-1 se utilizado en un rango 3.9 cm³ a 23.6 cm³ por kilogramos de cemento. Para cementos con adiciones se deberá hacer pruebas.</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MODO DE EMPLEO SikaRapid®-1 se utiliza en dosis entre 3.9 cm³ a 23.6 cm³ por kilogramos de cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la dosis exacta según el objetivo deseado, considerando el contenido de cemento, la temperatura y el efecto de otros aditivos incluidos en la dosificación. SikaRapid®-1 se agrega diluido en el agua de amasado de la mezcla. También puede añadirse al camión concreto en obra, en este caso, realizar obligatoriamente un amasado suplementario de 1 minuto por metro cúbico de concreto. Antes de su colocación, debe verificarse visualmente la consistencia correcta del concreto. Cuando utilice SikaRapid®-1 deben respetarse las reglas generales para la fabricación y colocación del concreto. Debe prestar se atención especial al curado del concreto, sobre todo a primeras edades y con bajas temperatura. Se recomienda que la temperatura de la masa del concreto no sea inferior a 5 °C al momento de colocar el molde o encofrado.</p> <p>IMPORTANTE En caso de peligro de hielo, deben tomarse las precauciones correspondientes hasta que el concreto haya alcanzado una resistencia al congelamiento suficiente (100 kg/cm²) El efecto de SikaRapid®-1 puede variar en función del tipo de cemento y la temperatura del concreto fresco. En el caso de que SikaRapid®-1 se hubiese congelado, puede volver a utilizarse sin pérdidas de sus propiedades, deshelándolo lentamente y agitándolo intensamente antes de su empleo. SikaRapid®-1 se puede combinar con todos los fluidificantes y superplastificantes de Sika, sin embargo es recomendable la realización de ensayos previos. Para cualquier información adicional consultar con nuestro departamento técnico.</p>

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>
-------------------------------------	--

Hoja Técnica
SikaRapid®-1
22.01.15, Edición 10



OBSERVACIONES La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

NOTAS LEGALES La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 9
la misma que deberá ser destruida”**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaRapid®-1 :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



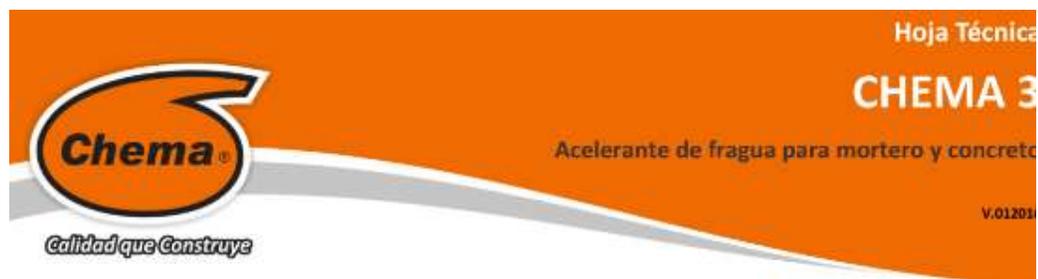
Sika Perú S.A.
Concrete
Centro industrial "Las Praderas
de Lurin" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,
Lurin
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
SikaRapid®-1
22.01.15, Edición 10

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Tel: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



Anexo 3. Hoja Técnica CHEMA 3



.DESCRIPCIÓN **CHEMA 3** es un acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados centígrados. No contiene cloruros, trabaja además como un inhibidor de corrosión del hierro de refuerzo. Su efecto como acelerante de fragua o anticongelante se hace más notorio a temperaturas más bajas. Este aditivo protege el concreto en su estado fresco de congelarse. Su efecto es sobre toda mezcla de mortero y concreto, tanto con cementos Portland tipo I y tipo V, puzolánicos. **CHEMA 3** es un producto adecuado a la norma ASTM C-494 y es muy resistente a las sales y sulfatos.

- VENTAJAS**
- Permite lograr altas resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados.
 - Permite abrir el tránsito en pisos o losas de concreto.
 - Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos se malogren por las bajas temperaturas.
 - Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
 - Mayor trabajabilidad.

- USOS**
- Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere obtener una fuerza a la comprensión del concreto en menor tiempo.
 - Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado.
 - En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo a pesar de la baja temperatura funcionando a la vez como anticongelante.
 - Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio.
 - Para vaciados en terrenos sulfurosos.
 - Para elementos de concreto pre fabricados.
 - Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales Para morteros de inyección.
 - Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
 - Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales.

DATOS TÉCNICOS	Color:	Amarillo
	Apariencia:	Líquido
	Ph:	8.0 – 11.0
	Densidad:	1.17 ± 0.01 gr/ml
	VOC:	0 gr. / lt.

- PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO**
1. Mezclar el **CHEMA3** en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. (Ver ítem de Rendimiento)
 2. La relación a/c recomendada máxima deberá ser 0.45 o se debe reducir hasta en 10% la cantidad de agua.



Hoja Técnica
CHEMA 3
Acelerante de fragua para mortero y concreto

V.012016

RENDIMIENTO Utilizar según su necesidad, una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y tiempos requeridos:

- REDUCIDA: 500 ml (1/2 Litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado).
- NORMAL: 750 ml (3/4 Litro)x bolsa de cemento (en el agua de amasado).
- SUPERIOR: 1,000 ml (1 litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado).

La dosis como porcentaje es 1.20 % a 4% del peso del cemento.

PRESENTACIÓN Envase de 1 gal. (Código: 09003004)
Envase de 5 gal. (Código: 09005005)
Envase de 55 gal. (Código: 09003055)

ALMACENAMIENTO De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 2 años.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES Curar bien los elementos sobre todo desde el primer día hasta el 7^{mo} día. Mejor si se usa curador de membrana CHEMA, el cual se aplica en cuanto haya desaparecido la exudación.

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).

Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No comer ni beber mientras manipula el producto.

Lavarse las manos luego de manipular el producto.

Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.

Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.

En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua.

Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Anexo 4. Hoja Técnica CHEMA ESTRUCT



Hoja Técnica
CHEMA ESTRUCT
Acelerante de fragua para concreto armado, sin cloruros

ADI-2.1.4
RMP - V.0

DESCRIPCIÓN **CHEMA ESTRUCT** es una sustancia química líquida que al ser adicionado a la mezcla de concreto acelera el proceso de endurecimiento y produce importantes ganancias tempranas de la resistencia a la compresión, contiene agentes plastificantes y en climas de bajas temperaturas trabaja como anticongelante. Su efecto es sobre toda mezcla de concreto, tanto con cementos Portland como también Puzolánicos, muy resistente a las sales y sulfatos. Puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados, no contiene cloruros, mas bien trabaja como un inhibidor de corrosión. Producto adecuado a la norma ASTM C-494; este aditivo protege al concreto en su estado fresco, evitando la cristalización o congelamiento en especial para concreto armado.

VENTAJAS

- Actúa como inhibidor de la corrosión del fierro de refuerzo.
- Permite lograr altas resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados.
- Permite abrir el tránsito en pisos o losas de concreto.
- Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos se malogren por las bajas temperaturas.
- Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
- Mayor trabajabilidad.

USOS

- Para vaciados de elementos estructurales en cualquier clima, donde se desee obtener en 3 días la fuerza a la compresión (f'c) que se obtendría con el diseño de mezcla a los 7 días sin el **CHEMA ESTRUCT**.
- Para vaciados en climas fríos o donde se espera una helada; hará que el concreto fragüe en la mitad de tiempo a pesar de la baja temperatura.
- En obras de concreto donde se necesite poner en servicio en menos tiempo.
- Para construir en climas a bajas temperaturas.
- En terrenos con nivel freático superficial.
- Cuando se espera una helada para evitar la cristalización o congelamiento.
- Para desencofrar en menor tiempo y acortar tiempos de entrega.

DATOS TÉCNICOS

Color: Amarillo verdoso
Ph: 9.0 – 11.0
Apariencia: Líquida
Densidad a 25°C: 1.27 ± 0.01 gr/ml

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

1. Agregue la dosificación requerida de **CHEMA ESTRUCT** en el agua de amasado al momento en que se va a usar y bátalo bien. La relación a/c recomendada máxima debe ser 0.45 o reduzca hasta 10% la cantidad de agua. La trabajabilidad del concreto no disminuye debido a que el **CHEMA ESTRUCT** contiene plastificantes.

(Vea cuadro Comparativo de Resistencia a la Compresión respecto a un Testigo)



Hoja Técnica
CHEMA ESTRUCT
Acelerante de fragua para concreto armado, sin cloruros

ADI.2.1.1
RMP - V.0

RENDIMIENTO Las dosificaciones de **CHEMA ESTRUCT** de acuerdo al clima y necesidades son:

- REDUCIDA 250 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)
- NORMAL 375 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)
- SUPERIOR 500 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)

La dosis como porcentaje es 0.6% a 2% del peso del cemento.

PRESENTACIÓN Envase de 1 gal. (Código: 09012004)
Envase de 5 gal. (Código: 09012005)
Envase de 55 gal. (Código: 09012055)

ALMACENAMIENTO De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 2 años.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).
Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
No comer ni beber mientras manipula el producto.
Lavarse las manos luego de manipular el producto.
Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.
Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua.
Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Hoja Técnica



CHEMA ESTRUCT

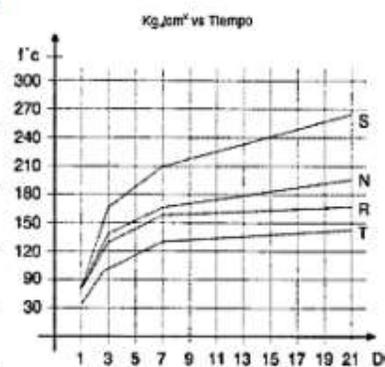
Acelerante de fragua para concreto armado, sin cloruros

ADI.2.1.4
RMP - V.0

Calidad que Construye

**CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
RESPECTO A UN TESTIGO**

EFECTOS		TESTIGO	SUPERIOR	NORMAL	REDUCIDA
Tiempo fragua	20° C.	5.30 Hrs.	4.0 Hrs.	4.30 Hrs.	5 Hrs.
GAN P' c kg/cm ²	1d	44 (100%)	74 (168%)	72 (163%)	59 (134%)
GAN P' c kg/cm ²	3d	96 (100%)	155 (161%)	135 (138%)	133 (138%)
GAN P' c kg/cm ²	7d	133 (100%)	193 (145%)	169 (127%)	161 (121%)
GAN P' c kg/cm ²	21d	145 (100%)	260 (133%)	190 (131%)	164 (110%)
Relación A/C	--	0.5	0.45	0.47	0.3
Tiempo fragua	6° C.	19 Hrs.	6.30 Hrs.	--	--



Anexo 5. Panel fotográfico

- 1) Almacenamiento de muestras de Agregado Grueso y Agregado Fino de la cantera Arunta.



- 2) Muestras de Agregado Grueso y Agregado Fino de la cantera Arunta.



- 3) Separando los materiales de laboratorio para realizar los ensayos de los agregados.



- 4) Cuarteando la muestra, para un mejor muestreo del agregado fino y grueso.



- 5) Dejando la muestra al horno para la realización de los ensayos necesarios para el diseño de mezclas.



- 6) Realizando el ensayo del peso específico o densidad del agregado grueso.



- 7) Realizando el ensayo de absorción para el agregado fino, para indiciar el ensayo de peso específico.



- 8) Realizando el ensayo de peso específico para el agregado fino, que será necesario para el diseño de mezclas.



- 9) Realizando la planificación de la ejecución de la granulometría del agregado grueso y agregado fino.



- 10) Realizando un ensayo de granulometría, para obtener datos necesarios para el diseño de mezclas



- 11) Calculando, la dosificación del diseño de mezclas por el comité de ACI 211, con la aplicación de aditivos, según recomendación del fabricante.



- 12) Limpieza de los moldes cilíndricos de concreto, luego de ser limpiadas se lubricaron con gasolina para que no se adhiera la mezcla.



- 13) Limpiar y ajustar los moldes dejando un diámetro con un error de 2 mm como máximo.



- 14) Pesamos el Agregado grueso y agregado fino de acuerdo a la dosificación calculada, para un $f'c$ de 210 kg/cm².



- 15) Encendemos el trompo mezclador de concreto, para realizar la mezcla de acuerdo al diseño calculado.



- 16) Colocando el agregado fino, agregado grueso, agua y cemento para mezclar y obtener la pasta de diseño



- 17) Conjuntamente con el ingeniero asesor, se comprueba la correcta dosificación y se verifica si es necesario hacer alguna corrección del agua.



- 18) Se adiciona el primer volumen de aditivo a la mezcla de concreto.



- 19) Se realiza el control de trabajabilidad del concreto una vez la mezcla este homogénea dentro del trompo de concreto.



- 20) La mezcla está en el rango de trabajabilidad en el cual fue diseñado, por lo que se procede a realizar los especímenes de concreto.



- 21) Conjuntamente con el ing. Asesor se inicia con la elaboración de los especímenes de concreto para el primer tratamiento, con aditivo.



- 22) Luego de que se explico el procedimiento de elaboración de probetas, se nos indica el acabado final.



- 23) Se acomodan los moldes de concreto, y se lubrican todos para evitar que se pegue la mezcla.



- 24) Se hace el llenado de los testigos de concreto con el tratamiento de aditivo.



- 25) Mostrando el aditivo que se utilizó para la elaboración de los especímenes de concreto, el procedimiento se repite para todos los tratamientos.



- 26) Se culmina la elaboración de los primeros 30 moldes de concreto, se continuarán haciendo los moldes según el plan de tesis.



- 27) Para el aditivo Chema Estruct, también se realizó los mismos procedimientos hasta la elaboración de moldees de concreto.



- 28) Los aditivos y sus dosificaciones son de acuerdo a las fichas técnicas, utilizando el valor máximo de dosificación.



29) Adicionando el aditivo a la mezcla de concreto según cada tratamiento.



30) Control de Asentamiento del concreto de acuerdo a los rangos de diseño calculados.



- 31)** Elaboración de Especímenes de concreto, de acuerdo a la cantidad programada por día y durante dos semanas.



- 32)** Limpieza y lavado de los equipos y materiales luego de finalizar con los ensayos programados.



- 33) Luego de 24 horas se desencofraron las muestras de concreto y se las colocaron bajo el agua para su curado.



- 34) Se curaron el tres posas, los especímenes rotulados según el tratamiento que pertenecen y los días a los que serán evaluados.



- 35) Cuando se cumplía los tiempos para ser evaluados se prosigue a realizar las mediciones, de altura y diámetro.



- 36) Luego se las lleva a secar al sol durante 6 horas, para ser pesadas cada una de ellas, antes de someterlas a compresión.



- 37) Se las seca al sol durante 6 horas para que la humedad del curado se evapore completamente.



- 38) Se voltean los especímenes de concreto para un secado uniforme durante todos sus lados.



- 39) Se llevan todos los especímenes a la zona de ruptura, en donde se colocan para ser ensayadas a la compresión.



- 40) Sometemos a esfuerzos de compresión los especímenes de concreto, según los 3, 7 y 14 días.



- 41) Ensayo a la compresión de testigos de concreto, colocando al molde para la prueba.



- 42) Anotando los resultados que se obtuvieron del ensayo a la compresión, de los especímenes de concreto.



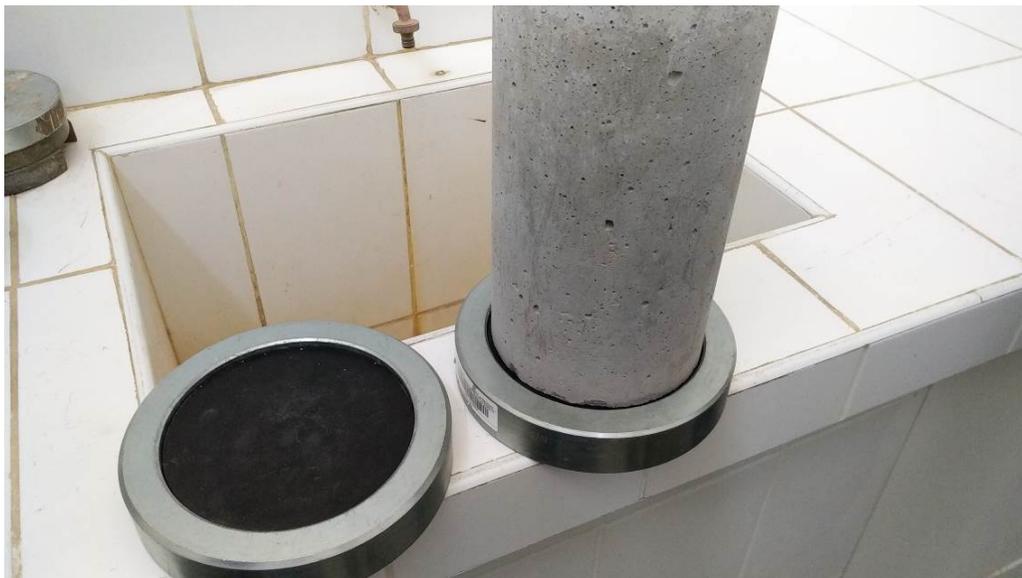
- 43) Falla de los especímenes de concreto, a los 14 días, sometidas a compresión



- 44) Resultados obtenidos, fueron anotados en formatos para Excel para su procesamiento estadístico y gráficos de curvas correspondientes.



- 45) Colocación de almohadillas de neoprene para encabezado de los especímenes de concreto antes de realizar el ensayo de compresión.



- 46) Especímen de concreto listo para ser sometidos a esfuerzos a compresión a los 7 días, teniendo los especímenes superficialmente secos.



Anexo 6. Tablas estadísticas

El valor de la tabla para p y C es el valor crítico t^* que deja una probabilidad p a la derecha y una probabilidad C entre $-t^*$ y t^*

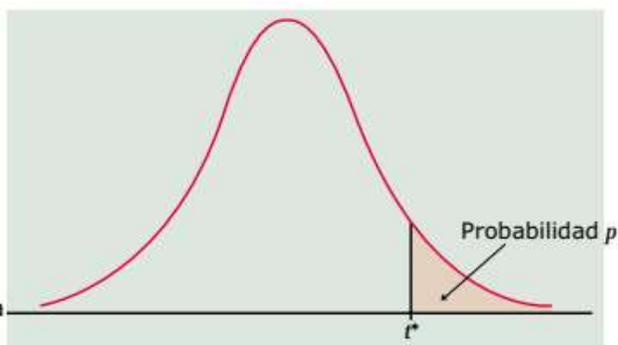
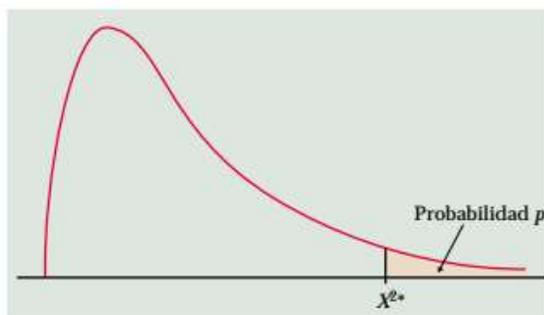


TABLA B Valores críticos de la distribución t de Student

gl	Probabilidad de la cola p											
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
1000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300
z^*	0.674	0.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091	3.291
	50%	60%	70%	80%	90%	95%	96%	98%	99%	99.5%	99.8%	99.9%
	Nivel de confianza C											



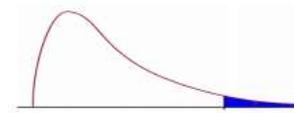
El valor de la tabla para p es el valor crítico X^{2*} que deja la probabilidad p a la derecha

TABLA C: Valores críticos de la distribución χ^2 de Pearson

gl	Probabilidad de la cola p											
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	1.32	1.64	2.07	2.71	3.84	5.02	5.41	6.63	7.88	9.14	10.83	12.12
2	2.77	3.22	3.79	4.61	5.99	7.38	7.82	9.21	10.60	11.98	13.82	15.20
3	4.11	4.64	5.32	6.25	7.81	9.35	9.84	11.34	12.84	14.32	16.27	17.73
4	5.39	5.99	6.74	7.78	9.49	11.14	11.67	13.28	14.86	16.42	18.47	20.00
5	6.63	7.29	8.12	9.24	11.07	12.83	13.39	15.09	16.75	18.39	20.51	22.11
6	7.84	8.56	9.45	10.64	12.59	14.45	15.03	16.81	18.55	20.25	22.46	24.10
7	9.04	9.80	10.75	12.02	14.07	16.01	16.62	18.48	20.28	22.04	24.32	26.02
8	10.22	11.03	12.03	13.36	15.51	17.53	18.17	20.09	21.95	23.77	26.12	27.87
9	11.39	12.24	13.29	14.68	16.92	19.02	19.68	21.67	23.59	25.46	27.88	29.67
10	12.55	13.44	14.53	15.99	18.31	20.48	21.16	23.21	25.19	27.11	29.59	31.42
11	13.70	14.63	15.77	17.28	19.68	21.92	22.62	24.72	26.76	28.73	31.26	33.14
12	14.85	15.81	16.99	18.55	21.03	23.34	24.05	26.22	28.30	30.32	32.91	34.82
13	15.98	16.98	18.20	19.81	22.36	24.74	25.47	27.69	29.82	31.88	34.53	36.48
14	17.12	18.15	19.41	21.06	23.68	26.12	26.87	29.14	31.32	33.43	36.12	38.11
15	18.25	19.31	20.60	22.31	25.00	27.49	28.26	30.58	32.80	34.95	37.70	39.72
16	19.37	20.47	21.79	23.54	26.30	28.85	29.63	32.00	34.27	36.46	39.25	41.31
17	20.49	21.61	22.98	24.77	27.59	30.19	31.00	33.41	35.72	37.95	40.79	42.88
18	21.60	22.76	24.16	25.99	28.87	31.53	32.35	34.81	37.16	39.42	42.31	44.43
19	22.72	23.90	25.33	27.20	30.14	32.85	33.69	36.19	38.58	40.88	43.82	45.97
20	23.83	25.04	26.50	28.41	31.41	34.17	35.02	37.57	40.00	42.34	45.31	47.50
21	24.93	26.17	27.66	29.62	32.67	35.48	36.34	38.93	41.40	43.78	46.80	49.01
22	26.04	27.30	28.82	30.81	33.92	36.78	37.66	40.29	42.80	45.20	48.27	50.51
23	27.14	28.43	29.98	32.01	35.17	38.08	38.97	41.64	44.18	46.62	49.73	52.00
24	28.24	29.55	31.13	33.20	36.42	39.36	40.27	42.98	45.56	48.03	51.18	53.48
25	29.34	30.68	32.28	34.38	37.65	40.65	41.57	44.31	46.93	49.44	52.62	54.95
26	30.43	31.79	33.43	35.56	38.89	41.92	42.86	45.64	48.29	50.83	54.05	56.41
27	31.53	32.91	34.57	36.74	40.11	43.19	44.14	46.96	49.64	52.22	55.48	57.86
28	32.62	34.03	35.71	37.92	41.34	44.46	45.42	48.28	50.99	53.59	56.89	59.30
29	33.71	35.14	36.85	39.09	42.56	45.72	46.69	49.59	52.34	54.97	58.30	60.73
30	34.80	36.25	37.99	40.26	43.77	46.98	47.96	50.89	53.67	56.33	59.70	62.16
40	45.62	47.27	49.24	51.81	55.76	59.34	60.44	63.69	66.77	69.70	73.40	76.09
50	56.33	58.16	60.35	63.17	67.50	71.42	72.61	76.15	79.49	82.66	86.66	89.56
60	66.98	68.97	71.34	74.40	79.08	83.30	84.58	88.38	91.95	95.34	99.61	102.7
80	88.13	90.41	93.11	96.58	101.9	106.6	108.1	112.3	116.3	120.1	124.8	128.3
100	109.1	111.7	114.7	118.5	124.3	129.6	131.1	135.8	140.2	144.3	149.4	153.2

Distribución F 0.05

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha
 En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador
 En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa

=distr.f.inv(0.05; gl num; gl den)

© Ing. Jesús Alberto Mellado Bosque

Distribución F 0.01

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha

En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador

En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6022	6056	6083	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.41	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.13	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.73	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.77	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.62	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.43	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.29	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.09	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	3.06	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	3.02	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.99	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.96	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.93	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.91	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.73	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.40	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53

Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa

=distr.f.inv(0.01; gl num; gl den)

© Ing. Jesús Alberto Mellado Bosque

Tabla VII.- Valores críticos para la prueba de Duncan.

$$U_{\alpha}(v_1, v_2)$$

v_2 ↓	α ↓	v_1														
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	
1	0.05	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	0.01	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2	0.05	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
	0.01	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
3	0.05	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	0.01	8.26	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	9.0	9.1	9.2	9.3	9.3
4	0.05	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
	0.01	6.51	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.5
5	0.05	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
	0.01	5.70	5.96	6.11	6.18	6.26	6.33	6.40	6.44	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8
6	0.05	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
	0.01	5.24	5.51	5.65	5.73	5.81	5.88	5.95	6.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3
7	0.05	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
	0.01	4.95	5.22	5.37	5.45	5.53	5.61	5.69	5.73	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0
8	0.05	3.26	3.39	3.47	3.52	3.55	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
	0.01	4.74	5.0	5.14	5.23	5.32	5.40	5.47	5.51	5.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8
9	0.05	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
	0.01	4.60	4.86	4.99	5.08	5.17	5.25	5.32	5.36	5.4	5.5	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7
10	0.05	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48
	0.01	4.48	4.73	4.88	4.96	5.06	5.13	5.20	5.24	5.28	5.36	5.42	5.48	5.54	5.55	5.55
11	0.05	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.47	3.48
	0.01	4.39	4.63	4.77	4.86	4.94	5.01	5.06	5.12	5.15	5.24	5.28	5.34	5.38	5.39	5.39
12	0.05	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.47	3.48
	0.01	4.32	4.55	4.68	4.76	4.84	4.92	4.96	5.02	5.07	5.13	5.17	5.22	5.24	5.26	5.26
13	0.05	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.45	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47
	0.01	4.26	4.48	4.62	4.69	4.74	4.84	4.88	4.94	4.98	5.04	5.08	5.13	5.14	5.15	5.15
14	0.05	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47
	0.01	4.21	4.42	4.55	4.63	4.70	4.78	4.83	4.87	4.91	4.96	5.00	5.04	5.06	5.07	5.07
15	0.05	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
	0.01	4.17	4.37	4.50	4.58	4.64	4.72	4.77	4.81	4.84	4.90	4.94	4.97	4.99	5.00	5.00
16	0.05	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
	0.01	4.13	4.34	4.45	4.54	4.60	4.67	4.72	4.76	4.79	4.84	4.88	4.91	4.93	4.94	4.94

v_2 1	α 1	v_1													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
17	0.05	2.90	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.10	4.30	4.41	4.50	4.56	4.63	4.68	4.72	4.75	4.80	4.83	4.86	4.88	4.89
18	0.05	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.07	4.27	4.38	4.46	4.53	4.59	4.64	4.68	4.71	4.76	4.79	4.82	4.84	4.85
19	0.05	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47
	0.01	4.05	4.24	4.25	4.43	4.50	4.56	4.61	4.64	4.67	4.72	4.76	4.79	4.81	4.82
20	0.05	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43	3.44	3.46	3.46	3.47
	0.01	4.02	4.22	4.33	4.40	4.47	4.53	4.58	4.61	4.65	4.69	4.73	4.76	4.78	4.79
22	0.05	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.99	4.17	4.28	4.36	4.42	4.48	4.53	4.57	4.60	4.65	4.68	4.71	4.74	4.75
24	0.05	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41	3.44	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.96	4.14	4.24	4.33	4.39	4.44	4.49	4.53	4.57	4.62	4.64	4.67	4.70	4.72
26	0.05	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.93	4.11	4.21	4.30	4.36	4.41	4.46	4.50	4.53	4.58	4.62	4.65	4.67	4.69
28	0.05	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47
	0.01	3.91	4.08	4.18	4.28	4.34	4.39	4.43	4.47	4.51	4.56	4.60	4.62	4.65	4.67
30	0.05	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47
	0.01	3.89	4.06	4.16	4.22	4.32	4.36	4.41	4.45	4.48	4.54	4.58	4.61	4.63	4.65
40	0.05	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47
	0.01	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41	4.46	4.51	4.54	4.57	4.59
60	0.05	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47
	0.01	3.76	3.92	4.03	4.12	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.39	4.44	4.47	4.50	4.53
100	0.05	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47
	0.01	3.71	3.86	3.98	4.06	4.11	4.17	4.21	4.25	4.29	4.35	4.38	4.42	4.45	4.48
∞	0.05	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34	3.38	3.41	3.44	3.47
	0.01	3.64	3.80	3.90	3.98	4.04	4.09	4.14	4.17	4.20	4.26	4.31	4.34	4.38	4.41

Anexo 7. Certificados del control de calidad del concreto.



CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tesis : "EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA"

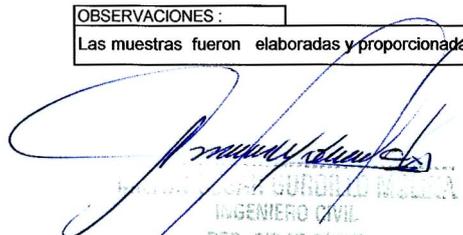
Ubicación : TACNA - TACNA - TACNA
F'C : 210 Kg/cm²

Operador : Personal de Laboratorio
TECNICO : Miguel A. Martínez Llanqui
Asesor: Ing. Milton Gordillo Molina

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (φ)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²	DISEÑO f'c = Kg/cm ²	% RESISTENCIA
1	Tratamiento 1	05/12/2017	3	08/12/2017	231.42	15.20	181.5	130.047	210	61.93
2	Tratamiento 1	05/12/2017	3	08/12/2017	261.93	15.30	183.9	145.274	210	69.18
3	Tratamiento 1	05/12/2017	3	08/12/2017	263.79	15.10	179.1	150.207	210	71.53
4	Tratamiento 1	08/12/2017	3	11/12/2017	272.81	15.10	179.1	155.343	210	73.97
5	Tratamiento 1	08/12/2017	3	11/12/2017	245.43	15.20	181.5	137.920	210	65.68
6	Tratamiento 1	08/12/2017	3	11/12/2017	221.11	15.20	181.5	124.253	210	59.17
7	Tratamiento 1	12/12/2017	3	15/12/2017	246.83	15.10	179.1	140.550	210	66.93
8	Tratamiento 1	12/12/2017	3	15/12/2017	267.83	15.00	176.7	154.548	210	73.59
9	Tratamiento 1	12/12/2017	3	15/12/2017	281.73	15.00	176.7	162.568	210	77.41
10	Tratamiento 1	15/12/2017	3	18/12/2017	220.17	15.20	181.5	123.725	210	58.92
11	Tratamiento 1	15/12/2017	3	18/12/2017	256.71	15.10	179.1	146.176	210	69.61
12	Tratamiento 1	15/12/2017	3	18/12/2017	291.31	15.30	183.9	161.569	210	76.94
13	Tratamiento 2	05/12/2017	3	08/12/2017	321.88	15.20	181.5	180.881	210	86.13
14	Tratamiento 2	05/12/2017	3	08/12/2017	295.96	15.30	183.9	164.148	210	78.17
15	Tratamiento 2	05/12/2017	3	08/12/2017	297.63	15.20	181.5	167.254	210	79.64
16	Tratamiento 2	08/12/2017	3	11/12/2017	280.45	15.20	181.5	157.599	210	75.05
17	Tratamiento 2	08/12/2017	3	11/12/2017	265.96	15.10	179.1	151.443	210	72.12
18	Tratamiento 2	08/12/2017	3	11/12/2017	290.42	15.10	179.1	165.371	210	78.75
19	Tratamiento 2	12/12/2017	3	15/12/2017	292.54	15.20	181.5	164.393	210	78.28
20	Tratamiento 2	12/12/2017	3	15/12/2017	299.51	15.00	176.7	172.828	210	82.30
21	Tratamiento 2	12/12/2017	3	15/12/2017	302.54	15.10	179.1	172.272	210	82.03
22	Tratamiento 2	15/12/2017	3	18/12/2017	295.72	15.00	176.7	170.641	210	81.26
23	Tratamiento 2	15/12/2017	3	18/12/2017	287.59	15.00	176.7	165.950	210	79.02
24	Tratamiento 2	15/12/2017	3	18/12/2017	331.94	15.20	181.5	186.534	210	88.83

OBSERVACIONES :

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


MILTON GORDILLO MOLINA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 81520

ASESOR DE TESIS


MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tecn. DE LABORATORIO



CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tesis : "EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA"

Ubicación : TACNA - TACNA - TACNA
F'c : 210 Kg/cm²

Operador : Personal de Laboratorio
TECNICO : Miguel A. Martínez Llanqui
Asesor: Ing. Milton Gordillo Molina

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (φ)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²	DISEÑO F'c = Kg/cm ² .	% RESISTENCIA
1	Tratamiento 3	05/12/2017	3	08/12/2017	263.65	15.20	181.5	148.158	210	70.55
2	Tratamiento 3	05/12/2017	3	08/12/2017	231.07	15.10	179.1	131.576	210	62.66
3	Tratamiento 3	05/12/2017	3	08/12/2017	270.53	15.10	179.1	154.045	210	73.35
4	Tratamiento 3	08/12/2017	3	11/12/2017	278.52	15.10	179.1	158.595	210	75.52
5	Tratamiento 3	08/12/2017	3	11/12/2017	271.39	15.20	181.5	152.508	210	72.62
6	Tratamiento 3	08/12/2017	3	11/12/2017	264.30	15.10	179.1	150.497	210	71.67
7	Tratamiento 3	12/12/2017	3	15/12/2017	270.76	15.20	181.5	152.154	210	72.45
8	Tratamiento 3	12/12/2017	3	15/12/2017	281.52	15.00	176.7	162.447	210	77.36
9	Tratamiento 3	12/12/2017	3	15/12/2017	291.43	15.00	176.7	168.166	210	80.08
10	Tratamiento 3	15/12/2017	3	18/12/2017	243.65	15.10	179.1	138.739	210	66.07
11	Tratamiento 3	15/12/2017	3	18/12/2017	274.52	15.00	176.7	158.408	210	75.43
12	Tratamiento 3	15/12/2017	3	18/12/2017	261.82	15.00	176.7	151.080	210	71.94
13	Tratamiento 4	05/12/2017	3	08/12/2017	351.65	15.20	181.5	197.610	210	94.10
14	Tratamiento 4	05/12/2017	3	08/12/2017	332.16	15.10	179.1	189.138	210	90.07
15	Tratamiento 4	05/12/2017	3	08/12/2017	338.31	15.20	181.5	190.114	210	90.53
16	Tratamiento 4	08/12/2017	3	11/12/2017	315.27	15.10	179.1	179.521	210	85.49
17	Tratamiento 4	08/12/2017	3	11/12/2017	341.29	15.20	181.5	191.788	210	91.33
18	Tratamiento 4	08/12/2017	3	11/12/2017	339.51	15.10	179.1	193.323	210	92.06
19	Tratamiento 4	12/12/2017	3	15/12/2017	351.69	15.20	181.5	197.633	210	94.11
20	Tratamiento 4	12/12/2017	3	15/12/2017	329.52	15.00	176.7	190.145	210	90.55
21	Tratamiento 4	12/12/2017	3	15/12/2017	329.54	15.00	176.7	190.157	210	90.55
22	Tratamiento 4	15/12/2017	3	18/12/2017	349.19	15.00	176.7	201.495	210	95.95
23	Tratamiento 4	15/12/2017	3	18/12/2017	343.93	15.00	176.7	198.460	210	94.50
24	Tratamiento 4	15/12/2017	3	18/12/2017	301.52	15.20	181.5	169.440	210	80.69

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


MILTON CESAR GORDILLO MOLINA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 81978

ASESOR DE TESIS


MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tecn. DE LABORATORIO



CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tesis : "EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA"

Ubicación : TACNA - TACNA - TACNA
F'c : 210 Kg/cm²

Operador : Personal de Laboratorio
TECNICO : Miguel A. Martínez Llanqui
Asesor: Ing. Milton Gordillo Molina

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (φ)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²	DISEÑO f'c = Kg/cm ² .	% RESISTENCIA
1	Tratamiento 1	05/12/2017	7	12/12/2017	327.10	15.10	179.1	186.257	210	88.69
2	Tratamiento 1	05/12/2017	7	12/12/2017	318.75	15.10	179.1	181.502	210	86.43
3	Tratamiento 1	05/12/2017	7	12/12/2017	320.60	15.00	176.7	184.998	210	88.09
4	Tratamiento 1	08/12/2017	7	15/12/2017	344.25	15.10	179.1	196.022	210	93.34
5	Tratamiento 1	08/12/2017	7	15/12/2017	335.90	15.00	176.7	193.827	210	92.30
6	Tratamiento 1	08/12/2017	7	15/12/2017	339.61	15.10	179.1	193.380	210	92.09
7	Tratamiento 1	12/12/2017	7	19/12/2017	361.92	15.00	176.7	208.841	210	99.45
8	Tratamiento 1	12/12/2017	7	19/12/2017	329.59	15.00	176.7	190.185	210	90.56
9	Tratamiento 1	12/12/2017	7	19/12/2017	305.81	15.00	176.7	176.464	210	84.03
10	Tratamiento 1	15/12/2017	7	22/12/2017	329.63	15.20	181.5	185.236	210	88.21
11	Tratamiento 1	15/12/2017	7	22/12/2017	329.55	15.10	179.1	187.652	210	89.36
12	Tratamiento 1	15/12/2017	7	22/12/2017	332.05	15.00	176.7	191.605	210	91.24
13	Tratamiento 2	05/12/2017	7	12/12/2017	338.40	15.00	176.7	195.269	210	92.99
14	Tratamiento 2	05/12/2017	7	12/12/2017	377.40	15.00	176.7	217.774	210	103.70
15	Tratamiento 2	05/12/2017	7	12/12/2017	388.75	15.00	176.7	224.323	210	106.82
16	Tratamiento 2	08/12/2017	7	15/12/2017	359.35	15.00	176.7	207.358	210	98.74
17	Tratamiento 2	08/12/2017	7	15/12/2017	394.19	15.00	176.7	227.462	210	108.32
18	Tratamiento 2	08/12/2017	7	15/12/2017	337.43	15.10	179.1	192.139	210	91.49
19	Tratamiento 2	12/12/2017	7	19/12/2017	381.59	15.10	179.1	217.285	210	103.47
20	Tratamiento 2	12/12/2017	7	19/12/2017	359.72	15.00	176.7	207.572	210	98.84
21	Tratamiento 2	12/12/2017	7	19/12/2017	375.86	15.00	176.7	216.885	210	103.28
22	Tratamiento 2	15/12/2017	7	22/12/2017	392.61	15.20	181.5	220.628	210	105.06
23	Tratamiento 2	15/12/2017	7	22/12/2017	389.63	15.20	181.5	218.953	210	104.26
24	Tratamiento 2	15/12/2017	7	22/12/2017	368.27	15.20	181.5	206.950	210	98.55

OBSERVACIONES :

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

MILTON GORDILLO MOLINA
INGENIERO CIVIL
REG. CP Nº 81500

ASESOR DE TESIS

MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TECN. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tecn. DE LABORATORIO



CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tesis : "EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA"

Ubicación : TACNA - TACNA - TACNA
F°C : 210 Kg/cm²

Operador : Personal de Laboratorio
TECNICO : Miguel A. Martínez Llanqui
Asesor: Ing. Milton Gordillo Molina

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (φ)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²	DISEÑO f'c = Kg/cm ² .	% RESISTENCIA
1	Tratamiento 3	05/12/2017	7	12/12/2017	303.30	15.00	176.7	175.015	210	83.34
2	Tratamiento 3	05/12/2017	7	12/12/2017	364.10	15.00	176.7	210.099	210	100.05
3	Tratamiento 3	05/12/2017	7	12/12/2017	383.50	15.00	176.7	221.293	210	105.38
4	Tratamiento 3	08/12/2017	7	15/12/2017	368.30	15.00	176.7	212.523	210	101.20
5	Tratamiento 3	08/12/2017	7	15/12/2017	329.80	15.00	176.7	190.307	210	90.62
6	Tratamiento 3	08/12/2017	7	15/12/2017	315.92	15.10	179.1	179.891	210	85.66
7	Tratamiento 3	12/12/2017	7	19/12/2017	339.12	15.00	176.7	195.685	210	93.18
8	Tratamiento 3	12/12/2017	7	19/12/2017	326.48	15.00	176.7	188.391	210	89.71
9	Tratamiento 3	12/12/2017	7	19/12/2017	352.19	15.20	181.5	197.914	210	94.24
10	Tratamiento 3	15/12/2017	7	22/12/2017	361.96	15.00	176.7	208.864	210	99.46
11	Tratamiento 3	15/12/2017	7	22/12/2017	329.54	15.10	179.1	187.646	210	89.36
12	Tratamiento 3	15/12/2017	7	22/12/2017	316.73	15.00	176.7	182.765	210	87.03
13	Tratamiento 4	05/12/2017	7	12/12/2017	369.95	15.00	176.7	213.475	210	101.65
14	Tratamiento 4	05/12/2017	7	12/12/2017	365.85	15.10	179.1	208.322	210	99.20
15	Tratamiento 4	05/12/2017	7	12/12/2017	342.35	15.00	176.7	197.548	210	94.07
16	Tratamiento 4	08/12/2017	7	15/12/2017	382.95	15.10	179.1	218.059	210	103.84
17	Tratamiento 4	08/12/2017	7	15/12/2017	328.55	15.00	176.7	189.585	210	90.28
18	Tratamiento 4	08/12/2017	7	15/12/2017	357.32	15.10	179.1	203.465	210	96.89
19	Tratamiento 4	12/12/2017	7	19/12/2017	366.61	15.00	176.7	211.547	210	100.74
20	Tratamiento 4	12/12/2017	7	19/12/2017	375.92	15.20	181.5	211.249	210	100.59
21	Tratamiento 4	12/12/2017	7	19/12/2017	349.67	15.00	176.7	201.772	210	96.08
22	Tratamiento 4	15/12/2017	7	22/12/2017	382.64	15.00	176.7	220.797	210	105.14
23	Tratamiento 4	15/12/2017	7	22/12/2017	358.39	15.00	176.7	206.804	210	98.48
24	Tratamiento 4	15/12/2017	7	22/12/2017	371.53	15.20	181.5	208.782	210	99.42

OBSERVACIONES :

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

MILTON GORDILLO MOLINA
INGENIERO CIVIL
E.C. DE TACNA

ASESOR DE TESIS

MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tecn. DE LABORATORIO



CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tesis : "EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA"

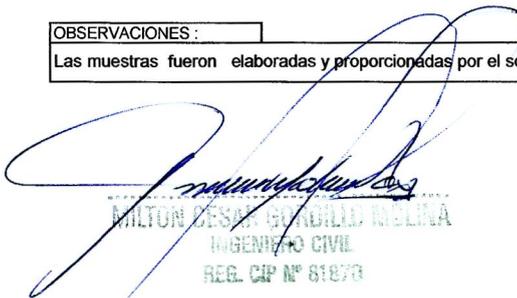
Ubicación : TACNA - TACNA - TACNA
F'C : 210 Kg/cm²

Operador : Personal de Laboratorio
TECNICO : Miguel A. Martínez Llanqui
Asesor: Ing. Milton Gordillo Molina

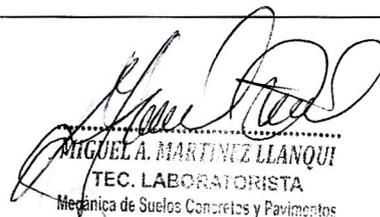
Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (φ)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²	DISEÑO f'c = Kg/cm ² .	% RESISTENCIA
1	Tratamiento 1	05/12/2017	14	19/12/2017	365.60	15.00	176.7	210.965	210	100.46
2	Tratamiento 1	05/12/2017	14	19/12/2017	399.70	15.00	176.7	230.641	210	109.83
3	Tratamiento 1	05/12/2017	14	19/12/2017	369.20	15.10	179.1	210.229	210	100.11
4	Tratamiento 1	08/12/2017	14	22/12/2017	418.95	15.00	176.7	241.749	210	115.12
5	Tratamiento 1	08/12/2017	14	22/12/2017	423.20	15.00	176.7	244.202	210	116.29
6	Tratamiento 1	08/12/2017	14	22/12/2017	396.41	15.00	176.7	228.743	210	108.93
7	Tratamiento 1	12/12/2017	14	26/12/2017	385.93	15.10	179.1	219.756	210	104.65
8	Tratamiento 1	12/12/2017	14	26/12/2017	401.52	15.00	176.7	231.692	210	110.33
9	Tratamiento 1	12/12/2017	14	26/12/2017	378.53	15.00	176.7	218.426	210	104.01
10	Tratamiento 1	15/12/2017	14	29/12/2017	396.72	15.00	176.7	228.922	210	109.01
11	Tratamiento 1	15/12/2017	14	29/12/2017	385.19	15.20	181.5	216.458	210	103.08
12	Tratamiento 1	15/12/2017	14	29/12/2017	403.72	15.10	179.1	229.886	210	109.47
13	Tratamiento 2	05/12/2017	14	19/12/2017	414.65	15.00	176.7	239.268	210	113.94
14	Tratamiento 2	05/12/2017	14	19/12/2017	415.85	15.00	176.7	239.961	210	114.27
15	Tratamiento 2	05/12/2017	14	19/12/2017	408.52	15.10	179.1	232.619	210	110.77
16	Tratamiento 2	08/12/2017	14	22/12/2017	412.74	15.00	176.7	238.166	210	113.41
17	Tratamiento 2	08/12/2017	14	22/12/2017	403.55	15.00	176.7	232.863	210	110.89
18	Tratamiento 2	08/12/2017	14	22/12/2017	410.26	15.20	181.5	230.546	210	109.78
19	Tratamiento 2	12/12/2017	14	26/12/2017	412.63	15.00	176.7	238.103	210	113.38
20	Tratamiento 2	12/12/2017	14	26/12/2017	416.92	15.00	176.7	240.578	210	114.56
21	Tratamiento 2	12/12/2017	14	26/12/2017	418.46	15.00	176.7	241.467	210	114.98
22	Tratamiento 2	15/12/2017	14	29/12/2017	401.62	15.10	179.1	228.690	210	108.90
23	Tratamiento 2	15/12/2017	14	29/12/2017	403.61	15.10	179.1	229.823	210	109.44
24	Tratamiento 2	15/12/2017	14	29/12/2017	408.65	15.00	176.7	235.806	210	112.29

OBSERVACIONES :

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


MILTON CESAR GORDILLO MOLINA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 61870

ASESOR DE TESIS


MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tecn. DE LABORATORIO



CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tesis : "EVALUACIÓN E INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA Y ENDURECIMIENTO EN ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO IP EN LA CIUDAD DE TACNA"

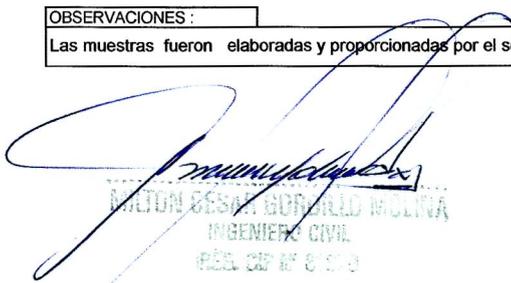
Ubicación : TACNA - TACNA - TACNA
F'c : 210 Kg/cm²

Operador : Personal de Laboratorio
TECNICO : Miguel A. Martínez Llanqui
Asesor : Ing. Milton Gordillo Molina

Nº	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (φ)	AREA cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²	DISEÑO f'c = Kg/cm ²	% RESISTENCIA
1	Tratamiento 3	05/12/2017	14	19/12/2017	386.95	15.10	179.1	220.337	210	104.92
2	Tratamiento 3	05/12/2017	14	19/12/2017	363.55	15.00	176.7	209.782	210	99.90
3	Tratamiento 3	05/12/2017	14	19/12/2017	344.20	15.10	179.1	195.994	210	93.33
4	Tratamiento 3	08/12/2017	14	22/12/2017	355.55	15.00	176.7	205.165	210	97.70
5	Tratamiento 3	08/12/2017	14	22/12/2017	362.20	15.00	176.7	209.003	210	99.53
6	Tratamiento 3	08/12/2017	14	22/12/2017	396.17	15.20	181.5	222.628	210	106.01
7	Tratamiento 3	12/12/2017	14	26/12/2017	401.52	15.00	176.7	231.692	210	110.33
8	Tratamiento 3	12/12/2017	14	26/12/2017	379.53	15.00	176.7	219.003	210	104.29
9	Tratamiento 3	12/12/2017	14	26/12/2017	381.67	15.20	181.5	214.480	210	102.13
10	Tratamiento 3	15/12/2017	14	29/12/2017	402.18	15.00	176.7	232.073	210	110.51
11	Tratamiento 3	15/12/2017	14	29/12/2017	399.35	15.00	176.7	230.440	210	109.73
12	Tratamiento 3	15/12/2017	14	29/12/2017	401.57	15.10	179.1	228.662	210	108.89
13	Tratamiento 4	05/12/2017	14	19/12/2017	441.15	15.00	176.7	254.560	210	121.22
14	Tratamiento 4	05/12/2017	14	19/12/2017	420.40	15.00	176.7	242.586	210	115.52
15	Tratamiento 4	05/12/2017	14	19/12/2017	416.12	15.00	176.7	240.116	210	114.34
16	Tratamiento 4	08/12/2017	14	22/12/2017	402.21	15.10	179.1	229.026	210	109.06
17	Tratamiento 4	08/12/2017	14	22/12/2017	389.10	15.00	176.7	224.525	210	106.92
18	Tratamiento 4	08/12/2017	14	22/12/2017	417.34	15.00	176.7	240.820	210	114.68
19	Tratamiento 4	12/12/2017	14	26/12/2017	419.65	15.20	181.5	235.823	210	112.30
20	Tratamiento 4	12/12/2017	14	26/12/2017	417.41	15.00	176.7	240.861	210	114.70
21	Tratamiento 4	12/12/2017	14	26/12/2017	423.57	15.00	176.7	244.415	210	116.39
22	Tratamiento 4	15/12/2017	14	29/12/2017	409.56	15.10	179.1	233.211	210	111.05
23	Tratamiento 4	15/12/2017	14	29/12/2017	425.71	15.00	176.7	245.650	210	116.98
24	Tratamiento 4	15/12/2017	14	29/12/2017	420.34	15.00	176.7	242.552	210	115.50

OBSERVACIONES :

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


MIGUEL A. MARTÍNEZ LLANQUI
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 8 070

ASESOR DE TESIS


MIGUEL A. MARTÍNEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tecn. DE LABORATORIO

Anexo 8. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el aditivo que tiene mejor desempeño al reducir el tiempo de fraguado e incrementar las resistencias iniciales a edades tempranas del concreto con cemento Tipo IP?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el aditivo acelerante de fragua y endurecimiento que presente mayor efectividad en el incremento de la resistencia a la compresión a edades tempranas a los 3, 7 y 14 días , usando cemento Portland tipo IP, para un concreto con un $f_c=210$ kg/cm² en la ciudad de Tacna.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>“La aplicación de aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento tienen un efecto significativo en incrementar una mayor resistencia a la compresión del concreto a edades tempranas con cemento tipo IP; bajo las condiciones de la ciudad de Tacna”</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto a edades tempranas.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>La investigación corresponderá al tipo explicativo</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>el nivel de investigación será Aprehensivo</p> <p>Diseño de Investigación:</p> <p>Se utilizará el diseño de bloques completamente aleatorio</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>- ¿Cómo incide las características de los agregados y el cemento tipo IP en la resistencia del concreto?</p> <p>- ¿Cómo incide el acelerante de fragua y endurecimiento en la resistencia a la compresión inicial del concreto?</p> <p>- ¿Cómo incide las variables peso unitario, diámetro y altura con la resistencia a la compresión a edades tempranas?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>- Elaborar un diseño de mezclas del concreto con cemento tipo IP de resistencia a la compresión de $f_c=210$ kg/cm²</p> <p>- Evaluar el nivel de efectividad del aditivo acelerante de fragua y endurecimiento que genera mayor resistencia a la compresión a edades tempranas del concreto usando cemento Portland IP en la ciudad de Tacna.</p> <p>- Analizar el mayor grado de asociación de variables Peso Unitarios, Diámetro, Altura de los especímenes de concreto con la resistencia a la compresión del concreto a los 3, 7 y 14 días.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>- Hay una alta incidencia de las características de los agregados y del cemento tipo IP en la resistencia del concreto.</p> <p>- Hay una alta incidencia del acelerante de fragua y endurecimiento en la resistencia inicial a la compresión del concreto.</p> <p>- Hay una alta incidencia de las variables peso unitario, diámetro y altura con la resistencia a la compresión a edades tempranas.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Tipos de aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento, cemento, agua y agregados.</p>	<p>Población y Muestra:</p> <p>Tres tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones, en total 16 unidades experimentales.</p> <p>Los tratamientos que se utilizarán en la investigación serán los siguientes aditivos Acelerantes de fragua:</p> <p>- Testigo sin aditivo acelerante (t_1)</p> <p>- Aditivo acelerante de fraguaA (t_2)</p> <p>-Aditivo acelerante de endurecimiento B (t_3)</p> <p>-Aditivo acelerante de endurecimiento C (t_4)</p>