



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CURADO ACELERADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO UTILIZANDO EL MÉTODO DE LA NTP 339.213, AÑO 2015

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Jhony Cruzado Ruiz

Asesor:

Ing. Víctor Sánchez Terrones

Cajamarca – Perú

2018

DEDICATORIA

*A mi **Dios**, por estar siempre conmigo y ser mi guía en mi Sendero, dándome las fuerzas para seguir adelante y no Desalentarme en el intento.*

*A mis padres **Javier Cruzado** y **María Ruiz**, y toda mi querida familia y amigos quienes siempre me han apoyado incondicionalmente en todo momento. Por sus enseñanzas, principios y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme las fuerzas para superar los obstáculos, haciéndome posible culminar mi vida universitaria con éxito.

A mis padres, Javier y María, por el apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos y enseñarme a no rendirme jamás, a ser perseverante para alcanzar todas mis metas.

A mi hermana Ericka, por acompañarme en cada momento, compartiendo alegrías y tristezas, demostrándome que siempre puedo contar con ella.

A mi tío Isaías y su familia querida, a mis abuelitos Ángel y Anita y mi Primo Harly.

Al ingeniero Ing. Víctor Sánchez Terrones, quien ha sido pieza fundamental para la culminación de esta investigación. Gracias por la paciencia, por los conocimientos brindados, por la orientación, por su manera de trabajar y por la motivación durante el desarrollo de la tesis.

A la empresa 111 Consulting Group SRL, por invertir en la investigación de mi trabajo, proporcionándome los equipos de su laboratorio de Suelos y Concreto, el que fue de mucha utilidad para poder determinar el comportamiento del concreto mediante curado acelerado y curado Estándar.

A mis amigos y compañeros con los que empecé esta vida universitaria. Quienes en estos años me brindaron su apoyo y una mano amiga con la cual contar en todo momento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Limitaciones	3
1.5. Objetivos	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	5
A. Antecedentes	5
B. Bases teóricas.....	7
CAPÍTULO I	7
1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	7
TIPO DE CONCRETO UTILIZADO.....	7
CONCRETO NORMAL, LIGERO O CONVENCIONAL:.....	7
1.1 Ventajas y limitaciones en el uso del concreto	8
1.2 Desventajas	9
1.3 Hidratación.....	10
1.4 Concreto fresco, curado y desarrollo de resistencia.....	13
CAPÍTULO II.....	20
2. VENTAJAS, LIMITACIONES Y SOLUCIONES DEL CURADO ACELERADO	20
2.1. Ventajas y limitaciones del aceleramiento de resistencia.....	20
2.2. Métodos de aceleramiento de resistencia según NTP 339.213, año 2015....	21
2.3. Método de aceleramiento mediante el uso de agua hirviendo.....	22
CAPÍTULO III.....	24
3. IMPLEMENTACIÓN, PARÁMETROS Y MÉTODOS O TIPO DE ENSAYO	24

3.1.1	Procedimiento de Curado en Agua Hirviendo.	24
3.1.2	Aplicaciones	25
3.1.3	Fabricación de la poza de curado	26
3.2.	Materiales necesarios para implementar el tanque de curado acelerado	28
3.3.	Dificultades técnicas y soluciones encontradas para la implementación.	36
3.4	Parámetros de los agregados y diseño de mezcla	36
3.1.1	Parámetros de los agregados	36
3.5.	Elaboración, curado y rotura de especímenes de concreto	54
3.1.1	Elaboración de especímenes de concreto	54
CAPÍTULO IV		63
4.	MÉTODOS DE ENSAYO CURADO ACELERADO	63
4.1.	Ensayos Acelerados De Concreto Cemento Boletín Técnico Marzo 1997 No. 78	63
4.1.1	Procedimiento de Curado en Agua Hirviendo.	63
4.1.2	Posibilidades futuras.	64
4.1.3	Tipo de Falla.	64
4.2.	<i>Procedimiento para elaboración de especímenes.</i>	64
4.3	Capeo de Especímenes	70
4.4	Resultados de especímenes de concreto	75
CAPÍTULO V		76
5.	MÉTODOS DE ENSAYO CURADO ESTÁNDAR	76
5.1.	Probetas para ensayo estándar	76
5.2.	Procedimientos de Rotura de Especímenes para ensayo estándar 14 Días. .	83
5.3	Procedimientos de Rotura de Especímenes para ensayo estándar 28 Días ...	87
CAPÍTULO VI		92
6.	MÉTODO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS SEGÚN LA NORMA NTP 339.213	92
6.1	Método de recolección de datos	92
6.1.1	Temperatura	92
6.1.2	Trabajabilidad	93
6.1.3	Resistencia a la compresión	93
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA		95
1.1	Operacionalización de variables	95
1.1.1	Variables	95
A.	Variable dependiente	95
B.	Variable independiente	95
1.2	Diseño de investigación	96
1.3	Unidad de estudio	96
1.4	Población	96

1.5	Muestra (muestreo o selección).....	96
1.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	96
1.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	97
CAPÍTULO 4 RESULTADOS		98
	RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	98
	RESULTADO DE MÓDULO DE FINEZA.....	101
	RESULTADOS CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS.....	101
	RESULTADOS GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINOS ASTM C-128.....	102
	RESULTADO DE ROTURA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO ESTÁNDAR	102
	RESULTADOS DE ROTURA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO ACELERADO	103
	APLICACIÓN DE GRÁFICA SEGÚN NTP 339.213, AÑO 2015.....	104
	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CURADO ACELERADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	104
	RESULTADOS Y PRESENTACIÓN EN CUADROS Y GRÁFICAS	105
	APLICACIÓN DE LA GRÁFICA DE PREDICCIÓN Y COMPARACIÓN DE ENSAYOS ACELERADOS Y ENSAYOS ESTÁNDAR.....	106
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		108
CONCLUSIONES.....		109
RECOMENDACIONES.....		110
REFERENCIAS.....		111
APÉNDICE		112
ANEXOS		113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	La lista completa de insumos y materiales	35
Tabla 2	Límites de Atterberg del agregado Grueso	48
Tabla 3	Límites de Atterberg del agregado Fino	48
Tabla 4	Método Walker -Asentamientos Recomendados para Varios Tipos de Estructuras	51
Tabla 5	Método Walker - Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto.....	51
Tabla 6	Método Walker - Cantidades Aproximadas De Agua (Volumen Unitario del agua) De Mezclado Y Contenido De Aire Para Diferentes Valores De Asentamiento Y Tamaño Nominal Máximo Del Agregado	52
Tabla 7	<i>Método Walker Relación Agua / Cemento y Resistencia del Concreto, Resistencia a los 28 Días</i>	52
Tabla 8	Método Walker Relación Agua / Cemento	53
Tabla 9	Relación Agua / Cemento En Peso, para diversos contenidos de aire.	53
Tabla 10	Relación Agua / Cemento En Peso, para diversos contenidos de aire.	53
Tabla 11	Información de moldeo de los especímenes según el siguiente Información de procedimiento	65
Tabla 12	Información de moldeo de los especímenes.....	66
Tabla 13	Información de procedimiento del Curado acelerado	66
Tabla 14	Listado de procedimiento para extracción de especímenes.....	69
Tabla 15	Lista de Procedimiento el capeo	72
Tabla 16	Procedimiento para rotura de especímenes	73
Tabla 17	Secuencia de todas las tareas.	75
Tabla 18	Fecha y hora de capeo y rotura a los 07 día.	79
Tabla 19	Fecha y hora de capeo y rotura a los 14 días.....	84
Tabla 20	Fecha y hora de capeo y rotura a los 28 días.....	88
Tabla 21	Operacionalización de la Variable dependiente.....	95
Tabla 22	Operacionalización de la Variable Independiente.....	95
Tabla 23	Parámetros Curva Granulométrica del agregado grueso	98
Tabla 24	Parámetros Curva Granulométrica del agregado Fino	98
Tabla 25	<i>Huso granulométrico para agregado grueso procedente de cantera Saavedra (LLica)...</i>	99
Tabla 26	<i>Huso granulométrico para agregado fino procedente de cantera Saavedra (LLica).....</i>	100
Tabla 27	Resumen de resultados agregado grueso	101
Tabla 28	Resumen de resultados agregado Fino	101
Tabla 29	Contenido de Humedad del agregado Grueso	101
Tabla 30	Contenido de Humedad del agregado Fino.	101
Tabla 31	Resultado gravedad específica y absorción de agregado finos	102
Tabla 32	<i>Resultado gravedad específica y absorción de agregado Grueso.....</i>	102
Tabla 33	Resumen de los resultados Ensayo Estándar	103
Tabla 34	Valores de resistencias obtenidos Ensayo Acelerado	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Transformaciones principales del cemento expresado en óxidos	11
Figura 2 Evolución de calor en función del tiempo para la pasta de cemento	12
Figura 3 Relación entre el slump y temperatura para distintos tipos de tamaño máximo de agregado	15
Figura 4 Efecto de curado húmedo sobre el desarrollo de la resistencia del concreto	16
Figura 5 Curva de desarrollo de resistencia	17
Figura 6 La resistencia a un día aumenta conforme aumenta la temperatura de curado, pero la resistencia a los 28 días disminuye con el aumento de esta temperatura	18
Figura 7 Proceso de fraguado y endurecimiento del concreto	19
Figura 8 Norma NTP 339.213, año 2015	21
Figura 9 Países donde se fabrican máquinas de curado acelerado	23
Figura 10 Ensayos Acelerados De Concreto Cemento	25
Figura 11 Correlaciones obtenidas por diferentes investigadores	26
Figura 12 Tanque de curado acelerado con el panel de control	27
Figura 13 Tanque de concreto y distribución de los especímenes al interior del tanque	27
Figura 14 Tanque de concreto armado	28
Figura 15 Controlador de temperatura	29
Figura 16 Termostato Sensor Modelo Pt100	29
Figura 17 Caja de control vista interior y exterior	30
Figura 18 Resistencia de 300 watts	30
Figura 19 Cocina industrial Fradic	31
Figura 20 Reciente de metal soporta cerca de 200 Grados centígrado	31
Figura 21 Mezcladora de concreto de 11 hp motor Honda	32
Figura 22 Molde de probeta para concreto	32
Figura 23 Cono de Abrams y accesorios	33
Figura 24 Capeador	33
Figura 25 Prensa Hidráulica 200 tn con contador electrónico	34
Figura 26 Equipo de seguridad Usar durante los ensayos	34
Figura 27 Peso agregado Grueso de la muestra +Tara (g) = 9055g	37
Figura 28 Peso agregado Grueso de la muestra +Tara (g) = 949 g	37
Figura 29 Cuarteo del agregado Grueso para análisis granulométrico	38
Figura 30 Cuarteo del agregado Fino para análisis granulométrico	38
Figura 31 Cuarta parte agregado Grueso para análisis granulométrico	39
Figura 32 Cuarta parte agregado Fino para análisis granulométrico	39
Figura 33 Secado en Horno de agregado Grueso y Fino para análisis granulométrico	40
Figura 34 Pesar el agregado Grueso para análisis granulométrico	40
Figura 35 Pesar el agregado Fino para análisis granulométrico	41
Figura 36 Preparado de Mallas tamiz e ingreso de agregado Grueso	41
Figura 37 Preparado de Mallas tamiz e ingreso de agregado Fino	42
Figura 38 Balanza digital	43
Figura 39 Horno Digital	44
Figura 40 Taras	44
Figura 41 Ingreso de taras al Horno para secado	46
Figura 42 Vista de las taras con el agregado Fino y grueso en el interior del Horno para secado	46
Figura 43 Extracción de taras del Horno después del secado	47
Figura 44 Peso de los agregados después del secado	47
Figura 45 Materiales para el ensayo agregado Fino- Gravedad Específica y Absorción de Agregado ASTM C-128	48
Figura 46 Materiales para el ensayo agregado Grueso - Gravedad Específica y Absorción de Agregado ASTM C-128	50
Figura 47 Materiales para preparar concreto	54
Figura 48 Mezcladora preparando concreto	54
Figura 49 Especímenes de concreto destinados para Curado Acelerado y Estándar	55
Figura 50 Materiales para el Ensayo en Laboratorio	56

<i>Figura 51</i>	<i>Imagen muestra el agregado y Concreto para el preparado de la mezcla.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 52</i>	<i>Vista de la mezcla en la Carretilla tipo Buggie listo para el ensayo.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 53</i>	<i>Empezando el ensayo SLUMP</i>	<i>58</i>
<i>Figura 54</i>	<i>Llenando el cono de la primera Capa</i>	<i>58</i>
<i>Figura 55</i>	<i>Pisoneando con la Varilla alrededor del perímetro hacia el centro</i>	<i>59</i>
<i>Figura 56</i>	<i>Verificando llenado del cono en la Tercera Capa.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 57</i>	<i>Verificando enrase y limpieza llenado del cono.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 58</i>	<i>Imagen justo después del levantamiento del molde.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 59</i>	<i>Imagen justo después del levantamiento del molde. 3^o consistencia Blanda.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 60</i>	<i>Nueve (09) Especímenes para curado estándar de una misma relación agua-cemento Y cuatro (04) Especímenes para curado Acelerado, todos realizadas de la misma tanda.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 61</i>	<i>Poza de curado, Los especímenes pasan 28 días en esta poza.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 62</i>	<i>Tipos de falla de rotura</i>	<i>64</i>
<i>Figura 63</i>	<i>Moldes esperando su desmolde</i>	<i>65</i>
<i>Figura 64</i>	<i>Moldeo de Especímenes</i>	<i>65</i>
<i>Figura 65</i>	<i>Desmolde de Especímenes</i>	<i>66</i>
<i>Figura 66</i>	<i>Ingreso de Especímenes al agua Hirviendo.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 67</i>	<i>Evaporización durante el ensayo de agua Hirviendo de especímenes.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 68</i>	<i>Vista del lugar del Curado Acelerado, y la instalación de la Grifería y el drenaje</i>	<i>68</i>
<i>Figura 69</i>	<i>Sacamos los especímenes del agua Hirviendo después de 3.5h</i>	<i>69</i>
<i>Figura 70</i>	<i>Vista de 200 Gamos de cemento portland.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 71</i>	<i>Vista de 800 gramos de azufre</i>	<i>70</i>
<i>Figura 72</i>	<i>El capeador, recipiente y cuchar mezcladora</i>	<i>71</i>
<i>Figura 73</i>	<i>Verter y mezclar el azufre con el cemento en un recipiente.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 74</i>	<i>Calentar el azufre a mediante flama hasta fundirlo, siempre agitándolo constantemente.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 75</i>	<i>Posteriormente verter en Capeador.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 76</i>	<i>Luego colocar el espécimen para coronar o cabecear el espécimen en ambos lados con un grosor de 3 a 5 mm.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 77</i>	<i>Capeando especímenes</i>	<i>73</i>
<i>Figura 78</i>	<i>Resistencia espécimen A-1.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 79</i>	<i>Resistencia espécimen A-2.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 80</i>	<i>Resistencia espécimen A-3.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 81</i>	<i>Resistencia espécimen A-4.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 82</i>	<i>Muestra de Especímenes después de la rotura</i>	<i>75</i>
<i>Figura 83</i>	<i>Etiquetado de Especímenes</i>	<i>76</i>
<i>Figura 84</i>	<i>Etiquetado de Especímenes.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 85</i>	<i>Preparando Especímenes ingreso a poza de curado.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 86</i>	<i>Ingreso de Especímenes para curado.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 87</i>	<i>Capeado de especímenes 7días</i>	<i>79</i>
<i>Figura 88</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-1</i>	<i>80</i>
<i>Figura 89</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-1</i>	<i>80</i>
<i>Figura 90</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-2</i>	<i>81</i>
<i>Figura 91</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-2</i>	<i>81</i>
<i>Figura 92</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-3</i>	<i>82</i>
<i>Figura 93</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-3</i>	<i>82</i>
<i>Figura 94</i>	<i>Vista de rotura de espécimen B-1, B-2, B-3 Rotura Columnar.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 95</i>	<i>Capeado de especímenes 14 días.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 96</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-4</i>	<i>84</i>
<i>Figura 97</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-4</i>	<i>84</i>
<i>Figura 98</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-5</i>	<i>85</i>
<i>Figura 99</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-5</i>	<i>85</i>
<i>Figura 100</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-6</i>	<i>86</i>
<i>Figura 101</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-6</i>	<i>86</i>
<i>Figura 102</i>	<i>Vista de rotura de espécimen B-4, B-5, B-6 Rotura Columnar.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 103</i>	<i>Capeado de especímenes 28 días.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 104</i>	<i>Preparando para rotura de espécimen B-7.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 105</i>	<i>Dato de rotura de espécimen B-7.....</i>	<i>89</i>

Figura 106 Preparando para rotura de espécimen B-8	89
Figura 107 Dato de rotura de espécimen B-8	90
Figura 108 Preparando para rotura de espécimen B-9	90
Figura 109 Dato de rotura de espécimen B-9	91
Figura 110 Vista de rotura de espécimen B-7, B-8, B-9. Rotura Columnar y Cónica.....	91
Figura 111 Verificar hervor de especímenes durante al ensayo.	92
Figura 112 Medición de SLUMP.	93
Figura 113 Medición de resistencia a la compresión	94
Figura 114 Mezcladora de 11hp en el laboratorio previo a realizar una determinada relación agua-cemento.....	94
Figura 115 Curado Acelerado a 28 y 1/2 Horas ± 5 Minutos.	104
Figura 116 Curado Estándar a los 7 días – 65 % de resistencia.....	104
Figura 117 Curado Estándar a los 14 días – 90 % de resistencia.....	104
Figura 118 Curado Estándar a los 28 días – 100 % de resistencia.....	105
Figura 119 Gráfico de predicción de resistencias.	105
Figura 120 Gráfico resistencia a la compresión Estándar A 28 Días	106
Figura 121 Predicción y Comparación de ensayos acelerados y ensayos estándar.	106
Figura 122 Comparación Entre Porcentaje Curado Acelerado Vs Curado Estándar 28 Días - Sobre Los 100% Con Respecto A 210 kgf/cm ²	107

RESUMEN

Este estudio se basa fundamentalmente en garantizar que el efecto de la aplicación de curado acelerado en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto utilizando el método de la NTP 339.213, año 2015, demuestra confiabilidad de los resultados a la compresión cilíndrica de especímenes en 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos, siendo coincidente con los resultados del método estándar de rotura a 28 días, mostrando además, que mediante la espera de rotura he monitoreado resultados a los 07, 14 y 28 días, demostrando que la madurez del concreto se desarrolla con normalidad.

Demostramos que la aplicación de la norma NTP 339.213 es muy útil y de fácil práctica, permitiendo el ahorro de tiempo y costo para los contratistas al poder obtener valores de resistencia casi instantáneamente.

El proyecto de implementación del Método de Curado Acelerado Regulado según norma NTP 339.213, año 2015, he desarrolló en el Laboratorio de Suelos y concreto de la Empresa 111 Consulting Group SRL, con mucha cautela siguiendo los parámetros técnicos y de seguridad necesarios para obtener resultados favorables. Las actividades durante el proceso se siguieron según cronograma sugerido.

En el laboratorio, se evaluaron las propiedades mecánicas y físicas de los agregados de la cantera Saavedra (LLica) certificando su calidad. Utilizamos Cemento Pacasmayo tipo I y Agua Potable, como parte del diseño de mezclas utilizamos el método Walker. Posteriormente, demostramos que los resultados son similares, tanto los obtenidos en la compresión especímenes de Curado Acelerado así como los que comparamos y monitoreamos con resultados de compresión estándar de especímenes a los 7, 14 y 28 días obteniendo una similitud aproximada al 100 %.

El resultado obtenido del Promedio Específico de Curado Acelerado es 118.66 % sobre los 100 % con respecto a 210 kgf/cm²; mientras tanto, el resultado obtenido del Promedio Específico de Curado Estándar 28 días es 118.13 % sobre los 100 % con respecto a 210 kgf/cm². Estos resultados favorecen nuestro estudio.

El personal del laboratorio recibió entrenamiento tanto técnico como teórico, indispensable para cumplir con los requerimientos de calidad para dicho ensayo.

ABSTRACT

This study is fundamentally based on guaranteeing that the effect of the application of accelerated curing on the compressive strength of concrete specimens using the method of NTP 339.213, year 2015, demonstrates reliability of the results to the cylindrical compression of specimens in 28 and 1/2 hours \pm 5 minutes, coinciding with the results of the standard method of breakage at 28 days, also showing that by waiting for breakage I monitored results at 07, 14 and 28 days, demonstrating that the maturity of concrete It develops normally.

We demonstrate that the application of the norm NTP 339.213 is very useful and of easy practice, allowing the saving of time and cost for the contractors to be able to obtain values of resistance almost instantaneously.

The implementation project of the Accelerated Regulated Curing Method according to NTP 339.213, 2015, has developed in the Soils and Concrete Laboratory of the 111 Consulting Group SRL, with great caution following the necessary technical and safety parameters to obtain favorable results . The activities during the process were followed according to the suggested schedule.

In the laboratory, the mechanical and physical properties of the aggregates of the Saavedra quarry (LLica) were evaluated, certifying their quality. We use Cement Pacasmayo Type I and Drinking Water, as part of the design of mixtures we use the Walker method. Subsequently, we show that the results are similar, both those obtained in the compression specimens of Accelerated Curing as well as those that we compare and monitor with standard compression results of specimens at 7, 14 and 28 days obtaining a similarity of approximately 100%.

The result obtained from the Specific Accelerated Curing Average is 118.66% over 100% with respect to 210 kgf / cm²; meanwhile, the result obtained from the 28-day Standard Cured Specific Average is 118.13% over 100% with respect to 210 kgf / cm². These results favor our study.

The laboratory staff received both technical and theoretical training, which is essential to meet the quality requirements for this trial.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, el desafío en la ejecución de importantes estructuras en el mundo, en el menor tiempo posible con conocimientos de la buena calidad de los materiales empleados en la construcción, y entre ellos principalmente el concreto, por lo tanto dio como resultado la búsqueda de métodos rápidos de ensayos de resistencia a compresión de este material.

La resistencia a compresión del concreto no es la más importante propiedad pero es un índice de su calidad y en la mayoría de los casos es el criterio general de aceptación. De allí que es una ventaja que el usuario pueda conocer esta propiedad tan pronto como sea posible, en lugar de la costumbre de ensayo a la edad de 28 días, que resulta inadecuada en muchas veces por los días de espera.

Esta situación motivó la investigación de ensayos rápidos de verificación. Actualmente innumerables trabajos experimentales realizados en centros de estudio y en laboratorios a pie de obra de importantes construcciones en el mundo, han demostrado la factibilidad de los ensayos acelerados como medio rápido y eficiente para determinar la aceptabilidad de una mezcla de concreto.

El conocimiento disponible actualmente sobre experiencias e implementación de la norma NTP 339.213, año 2015, tanto en el Perú como en el extranjero no es muy extensa, por tal motivo el presente trabajo de titulación, *“Experiencia de implementación de ensayo en laboratorio de la norma NTP 339.213, año 2015 para el curado acelerado de probetas de concreto mediante el uso de agua hirviendo”* amplía y consolida el conocimiento y dificultades técnicas que se presenta al implementar una máquina de curado acelerado.

La primera investigación de la que se tiene conocimiento, trató de un tema que posteriormente influyó en los Ensayos Acelerados de Resistencia. En la Universidad de Illinois (USA).

A.B.M`c Daniel. (1927) fue quien publica en julio de 1915 en el boletín N° 81 de Ingeniería Experimental el estudio titulado “Influencia de la temperatura en la Resistencia del concreto”.

El prestigioso Instituto Americano del Concreto (ACI) (2003), describió “imperativa la alternativa de procedimientos rápidos acorta edad, que estimen el potencial de resistencia”.

Los ensayos de curado acelerado se basan en acelerar las reacciones químicas que ocurren en el crecimiento de resistencia del concreto; por acción de una fuente externa de calor que incrementa la velocidad de hidratación y el calor de hidratación del concreto. Los valores de Resistencia a Compresión, así obtenidos de ensayos acelerados, se relacionan

matemáticamente mediante Ecuaciones de Regresión con los valores de resistencia a la edad de control standard internacional, de 28 días de curado húmedo. Por lo tanto es factible la predicción rápida de la Resistencia a la Compresión del concreto mediante la práctica de los ensayos acelerados.

La Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) mediante el Comité 684, ha normalizado cuatro procedimientos rápidos de ensayo de curado acelerado, y serían los siguientes:

- A (método de agua caliente)
- B (método del agua hirviendo)
- C (método autógeno)
- D (método de calor y presión).

Nosotros hemos implementado el Método B procedimiento con agua hirviendo, se verifica la resistencia del concreto en 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos. Tiempo después de insertar en Agua después de las 23 horas de curado (en laboratorio de suelos y concreto) se inserta en agua en ebullición 3 ½ h y 30 min, inmediato después enfriar los especímenes por lo menos 1 hora, luego someter a rotura dichos especímenes de concreto.

Se eligió el método B de la Norma ASTM C 684, ya que los métodos A C y D son ideales para laboratorios ubicados “a pie de obra”.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo verificar el efecto de la aplicación de curado acelerado en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto utilizando el método de la NTP 339.213, año 2015 en laboratorio de suelos y concreto, comparando con resultados estándares de compresión de 28 días?

1.3. Justificación

Justificación teórica

El Método de ensayo normalizado para elaboración, curado acelerado y ensayo en compresión de especímenes de concreto NTP 339.213, año 2015. Según esta Norma Técnica Peruana se establece 4 procedimientos para elaborar, curar y ensayar especímenes de concreto almacenados bajo condiciones que intentan acelerar el desarrollo de sus resistencias. Los procedimientos son:

- A – Método del agua caliente
- B – Método del agua hervida
- C – Método de curado autógeno
- D – Método de alta presión y temperatura

Para la realización del presente estudio vamos a utilizar el método B de aceleramiento de resistencia de la norma 339.213, el cual utiliza agua hirviendo y nos permite efectuar una proyección de resistencias a 28 días con curado estándar, mediante el uso de valores de resistencia aceleradas a 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos.

Justificación aplicativa

Se justifica que el método B de aceleramiento de resistencia de la norma 339.213, ya que si se aplica durante un proceso constructivo vamos a lograr obtener resultados inmediatos del concreto así como también permite verificar su calidad además de obtener ahorros significativos.

El presente estudio práctico de la norma NTP 339.213, año 2015 “Método de ensayo normalizado para la elaboración, curado acelerado y ensayo en compresión de especímenes de concreto” permite obtener información rápida sobre la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, con una confiabilidad del 99 % mejorando así el control de calidad del concreto.

Justificación valorativa

Aplicando el método de ensayo acelerado, podría facilitar el trabajo a distintos Contratistas que ejecutan obras civiles en el área de estudio, asimismo conociendo resultados podemos continuar con el cronograma de ejecución; Y posteriormente se va a valor el método que se puede seguir utilizando durante el proceso constructivo.

Justificación académica

Durante desarrollo de mi formación académica hemos hecho diversos ensayos y revisado información acerca de ensayos de compresión a 7, 14 y 28 días, al revisar la Normativa NTP 339.213, año 2015, me intereso desarrollar y facilitar los ensayos para la provincia de Hualgayoc y aplicar en sus distintas obras.

1.4. Limitaciones

Este método B, de curado acelerado de especímenes de concreto de la norma NTP 339.213, año 2015 requiere personal entrenado y capacitado, por tal razón fue necesario capacitar personal de apoyo, ya que se requiere un mínimo dos personas para brindar soporte y seguridad durante el desarrollo.

Posiblemente la otra limitación es el tiempo, el trabajo y factor económico, el cual requiere mucha paciencia.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Probar el efecto del incremento de resistencia aplicando el ensayo de curado acelerado en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto utilizando el método de la NTP 339.213, año 2015 mediante el uso de Agua hervida y comparar resultados de compresión estándar de especímenes a los 28 días.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Explicar el efecto de la aplicación mediante el ensayo de curado acelerado de especímenes de concreto de la norma NTP 339.213, año 2015, mediante el uso de Agua hervida en laboratorio de suelos y concreto.
- Comparar y monitorear el método de curado estándar con resultados de compresión de especímenes a los 7, 14 y 28 días.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes

T. N. Akroyd (1961) ensayó varios métodos y concluyó en que el método de "ebullición modificado" resulta el más eficiente y proporciona mejores resultados que los otros.

Las investigaciones realizadas en el Instituto Central de Investigaciones de la Construcción han conducido a la conclusión de que el método que usa agua a 55 °C, adoptado por el Comité Inglés de Ensayos Acelerados, proporciona resultados suficientemente dignos de confianza.

Investigaciones realizadas durante la construcción de la presa de Idukki en el Estado de Kezala condujeron a la adopción del método "ebullición modificado" recomendado por Malhotra y Zoldners (1990). Afirma:

“El método por retención del calor producido en la hidratación requiere un plazo de curado más largo. Los resultados son muy afectados por la temperatura del hormigón al finalizar el amasado; es poco lo que se aumenta la resistencia cuando se ensayan cementos de poco calor de hidratación”.

Este trabajo presenta los resultados de estudios efectuados para determinar la factibilidad de utilizar un ensaye acelerado, para predecir tanto la tensión por compresión diametral como el módulo de rotura potencial del concreto a los 28 días.”

Raymundo R. V. “En el método de agua caliente adoptado para este propósito, los cilindros de ensayos se curan con humedad durante 18 1 / 2 horas, se calientan durante 3 1/2 horas y se ensayan dos horas después a tensión por compresión diametral”.

Los cilindros de 15 x 30 cm y vigas compañeras de 15 x 15 x 50 cm son ensayados a los 28 días para determinar la resistencia por tensión por compresión diametral y el módulo de rotura. Se obtuvieron tanto las ecuaciones de regresión como los coeficientes de correlación entre los resultados de ensayos acelerados de tensión por compresión diametral y los ensayos de tensión por compresión diametral y los módulos de rotura a los 28 días, realizados tanto en el laboratorio como en el campo.

A partir de los datos de ensaye disponibles a la fecha, se concluye que el ensaye acelerado de tensión por compresión diametral puede predecir con suficiente precisión la resistencia potencial de tensión por compresión -diametral y el módulo de rotura del concreto a los 28 días.”

En la tecnología de los cuerpos compuestos de cemento Pórtland se entiende como curado al conjunto de medidas que se adoptan para prevenir la evaporación del agua de amasado en tiempo cálido o su congelamiento en tiempo frío.

Esta agua es fundamental para asegurar el desarrollo de las reacciones de hidratación de los minerales componentes del cemento Pórtland, a partir de las cuales se produce el endurecimiento del compuesto y la consiguiente adquisición de resistencia mecánica y química.

Bizzotto, M. B. “Una de las principales causas de degradación de la calidad del hormigón es el curado inadecuado. Por otra parte, cuando las condiciones de curado han sido bien atendidas, el hormigón resulta suficientemente impermeable al momento de la exposición, como para resistir los ataques de un medio agresivo.

En consecuencia, la revisión y análisis de los procesos de curado se vincula con una de las problemáticas actuales de la ingeniería, que es el aseguramiento de la vida en servicio o durabilidad de las construcciones de hormigón.

En este trabajo se estudia la influencia de distintos tipos de curado sobre un hormigón de alto desempeño. Los tipos considerados representan distintas alternativas posibles en la construcción: curado óptimo, ausencia de curado en climas benignos, condiciones semejantes a las empleadas en la fabricación de premoldeados, curado mixto y condiciones muy desfavorables para el desarrollo de la hidratación del cemento”.

B. Bases teóricas

CAPÍTULO I

1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

TÓPICOS GENERALES DEL CONCRETO

El presente capítulo, se encuentra basado en el libro de la PCA “Diseño y control de mezclas de concreto” donde se realiza un recuento breve con tópicos generales, acerca del concreto como material de construcción.

El concreto desde el punto de vista macroscópico es un material compuesto tixotrópico (igual propiedades en todas sus direcciones), homogéneo e isotrópico formado por una base granular (agregado grueso y fino) o filler embebida en una matriz o pasta de cemento portland Tipo I y agua.

TIPO DE CONCRETO UTILIZADO

CONCRETO NORMAL, LIGERO O CONVENCIONAL:

Elementos que conforman un concreto Normal o convencional:

Arena, grava, cemento y agua, vacíos y contenido de Aire.

Su proceso de elaboración es controlado, ya que la cantidad empleada en cada agregado es lo que definirá en un diseño de mezcla.

Este tipo de concreto es el que se utiliza en construcciones de concreto más comunes. Se suele utilizar para realizar muros de contención, en columnas, en cimentaciones, las aligeradas, etc.

Su tiempo de endurecimiento según su diseño es de 28 días, sin embargo estos días pueden ser menos o más según la calidad de agregados utilizados para la elaboración de la mezcla, ya que la adición de cemento o agua, por ejemplo, puede alterar el diseño e inclusive puede afectar la calidad del concreto.

CEMENTO PACASMAYO TIPO I¹

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.

El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Propiedades

¹ APENDICE 1 Recuperado de Ficha técnica de Cemento Pacasmayo Tipo I

- Mayores resistencias iniciales
- Menores tiempos de fraguado

Aplicaciones

- Obras de concreto y concreto armado en general
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado
- Concreto en clima frío
- Productos prefabricados
- Pavimentos y cimentaciones

1.1 Ventajas y limitaciones en el uso del concreto

El concreto como todo material tiene ventajas y limitaciones en su uso, en la siguiente lista se muestra de manera general cuales son:

1.1.1. Ventajas

La facilidad de su elaboración

Lo que hace posible que sea fabricado in situ.

El concreto se puede elaborar utilizando materiales y mano de obra locales.

Resistencia térmica moderada

El concreto soporta moderadamente bien la exposición al fuego, lo que da más seguridad a las estructuras cuando son sometidas a un incendio.

Coefficiente de dilatación cercano al acero de construcción

El concreto armado, está conformado dos materiales distintos (concreto con acero estructural), es importante notar que si estos dos materiales no tuvieran coeficientes de dilatación similares, no podrían trabajar en conjunto, y se generaría fisuras.

Facilidad para su moldeo

Con el concreto se puede obtener prácticamente cualquier forma estructural o arquitectónica concebida, es un material altamente versátil, si se sabe aprovechar cuando está en su estado plástico.

Económico

El concreto es sumamente económico de fabricar, la mano de obra para la elaboración es no calificada, además la composición del concreto es en base mayormente a agregados (material muy económico) y solo aproximadamente un 15 % es pasta de cemento (material más costoso), estos dos factores tienen un impacto positivo en el precio del concreto.

Material en constante investigación

Se desarrolla e investiga constantemente, nuevas tecnologías aplicables al concreto, como por ejemplo concretos permeables, concretos alveolares, concretos de alta resistencias, nuevos aditivos.

Ahorrativo energéticamente

En su fabricación, el cemento portland consume 22 gj/m^3 , en comparación con el acero, el cual es 300 gj/m^3 .

Inercia térmica

El concreto provee en las edificaciones inercia térmica, mantiene el clima interior fresco en el verano y el calor durante el invierno, lo cual ahorra energía en los sistemas de calefacción y aire acondicionado.

Material multiuso

Permite usarlo en distintos tipos de proyectos edificaciones, tuberías, carreteras, represas, túneles y puentes.

1.2 Desventajas

Resistencia a la tracción

El concreto, tiene una resistencia a la tracción baja, a tal punto que es despreciada para cuestiones de diseño.

Contracción y retracción en el paso de estado plástico a sólido

Lo cual se evidencia en la fisuración del concreto al no utilizar adecuados procesos constructivos durante la construcción de bruñas y juntas.

Creep

Se genera cuando el concreto se encuentra bajo una carga sostenida por un tiempo prolongado, lo que se traduce en una deformación no deseada, es la respuesta del concreto para liberar tensión, se generan grietas.

Ataque químico

El concreto es un material sensible al ataque por sulfatos, el cual se genera cuando los productos de la hidratación como los sulfoaluminatos se combinan con sulfatos presentes en el ambiente lo que genera etringita, que son cristales altamente expansivos que rompen la estructura ya fraguada del concreto. Además es sensible al ataque por cloruros presentes en el agua y carbonatación presente generalmente cuando en el aire se encuentra altas concentraciones de CO₂.

Baja relación resistencia-peso

El concreto tiene una relación resistencia peso baja en comparación con otros materiales, esto se traduce en áreas o secciones mayores cuando se usa concreto en comparación con otros materiales.

Residuos de producción como CO₂

La industria del concreto, necesita del cemento portland el cual para su fabricación produce altos niveles de CO₂. Actualmente estos gases que se emiten son utilizados para precalentar la materia prima antes de entrar al horno rotatorio.

1.3 Hidratación

Durante la calcinación de los compuestos básicos del cemento, se forma el clinker, el cual después de ser molido finamente se obtiene el cemento. El cemento cuenta con cuatro compuestos principales que corresponden al 90 % en masa. Durante la molienda del clinker, se añaden yeso (4 % hasta 6 %) u otra fuente de sulfato de calcio y otros auxiliares de molienda. Los químicos del cemento usan las siguientes abreviaturas para describir los compuestos:

- A=Al₂O₃ , C=CaO, F=Fe₂O₃ , H=H₂O , M=MgO, S=SiO₂ , S=SO₃

A continuación se muestran los principales componentes del cemento con sus respectivas abreviaturas químicas:

- Silicato tricálcico: 3CaO-SiO₂ = C₃S
- Silicato dicálcico: 2CaO-SiO₂ = C₂S
- Aluminato tricálcico: 3CaO-Al₂O₃ = C₃A
- Ferroaluminato tetracálcico: 4CaO-Al₂O₃-Al₂O₃ = C₄AF

Estas transformaciones básicas de los compuestos se presentan en la Figura 1.

Componente básico del cemento	Agua	Productos de hidratación	
2 (3CaO-SiO ₂) Silicato tricálcico	+ 11 H ₂ O Agua	= 3CaO-2SiO ₂ -8H ₂ O Silicato de calcio hidratado (C-S-H)	+ 3 (CaO-H ₂ O) Hidróxido de calcio
2 (2CaO-SiO ₂) Silicato dicálcico	+ 9 H ₂ O Agua	= 3CaO-2SiO ₂ -8H ₂ O Silicato de calcio hidratado (C-S-H)	+ CaO-H ₂ O Hidróxido de calcio
3CaO-Al ₂ O ₃ Aluminato tricálcico	+ 3 (CaO-SO ₃ -2H ₂ O) Yeso	+ 26 H ₂ O Agua	= 6CaO-Al ₂ O ₃ -3SO ₃ -32H ₂ O Etringita
2 (3CaO-Al ₂ O ₃) Aluminato tricálcico	6CaO-Al ₂ O ₃ -3SO ₃ -32H ₂ O Etringita	+ 4 H ₂ O Agua	= 3 (4CaO-Al ₂ O ₃ -SO ₃ -12H ₂ O) Monosulfatoaluminato de calcio
3CaO-Al ₂ O ₃ Aluminato tricálcico	+ CaO-H ₂ O Hidróxido de calcio	+ 12 H ₂ O Agua	= 4CaO-Al ₂ O ₃ -13H ₂ O Aluminato Tetracálcico hidratado
4CaO-AlO ₃ -Fe ₂ O ₃	+ 10 H ₂ O	+ 2(CaO-H ₂ O) Hidróxido de calcio	= 6CaO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ -12H ₂ O Ferroaluminato de calcio hidratado

Figura 1 Transformaciones principales del cemento expresado en óxidos

Fuente: Tennis y Jennings 2000.

El conocimiento actual de la química del cemento indica que los compuestos principales del cemento tienen las siguientes propiedades:

Silicato Tricálcico, C₃S, se hidrata y se endurece rápidamente y es responsable, en gran parte, por el inicio del fraguado y la resistencia temprana. En general, la resistencia temprana del concreto de cemento portland es mayor, cuando el porcentaje de C₃S aumenta.

Silicato Dicálcico, C₂S, se hidrata y se endurece lentamente y contribuye a la resistencia a edades lejanas.

Aluminato Tricálcico, C₃A, libera gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye un poco para el desarrollo de las resistencias tempranas. Los cementos con bajos porcentajes de C₃A resisten mejor a suelos y aguas con sulfatos.

Ferroaluminato Tetracálcico, C₄AF, es el producto resultado del uso de las materias de hierro y aluminio para la reducción de la temperatura de clinkerización (clinkerización o cocción) durante la fabricación del cemento. Este compuesto contribuye muy poco para la resistencia. La mayoría de los efectos de color para la producción del cemento gris se deben al

C₄F y sus hidratos.

Sulfato de Calcio, como anhidrita (sulfato de calcio anhidro), yeso (sulfato de calcio dihidratado) o hemidrato, comúnmente llamado de yeso de París (sulfato de calcio hemidrato), se adiciona al cemento durante la molienda final, ofreciendo sulfato para la

reacción con el C_3A y la formación de Etringita (trisulfoaluminato de calcio). Esto controla la hidratación del C_3A . Sin sulfato, el fraguado del cemento sería rápido. Además del control del fraguado y del desarrollo de resistencia, el sulfato también ayuda a controlar la contracción (retracción) por secado y puede influenciar la resistencia hasta los 28 días (Lerch 1946).

1.1.1 Calor de hidratación El calor de hidratación es el calor que se genera por la reacción entre el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende, principalmente, de la composición química del cemento, siendo el C_3A y el C_3S los compuestos más importantes en la evolución de calor.

La relación agua-cemento, el contenido de cemento y su finura así como la temperatura de curado también son factores que intervienen en la generación de calor. A pesar que el cemento portland puede liberar calor por muchos años, la tasa de generación de calor es mayor en edades tempranas. Se genera una gran cantidad de calor en los tres primeros días, con la mayor tasa de liberación de calor normalmente ocurriendo a lo largo de las primeras 24 horas (Copeland y otros 1960), tal como se muestra en la Figura 2.

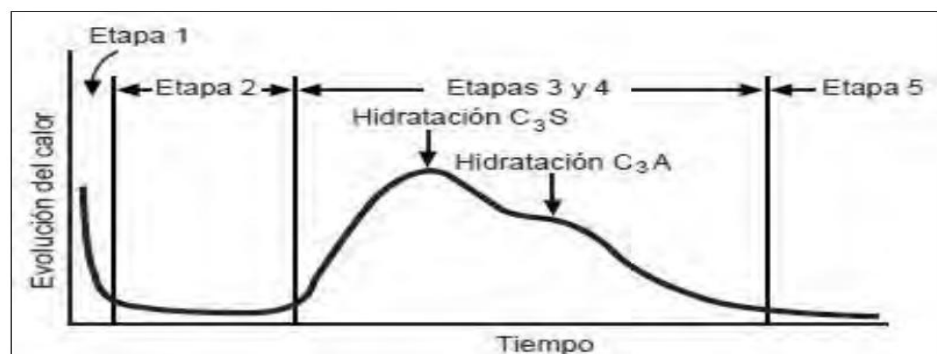


Figura 2 Evolución de calor en función del tiempo para la pasta de cemento

Fuente: Tang 1992.

La etapa 1 es el calor de humedecimiento o de la hidrólisis inicial (hidratación del C_3A y del C_3S). La etapa 2 es el periodo de latencia relacionado al tiempo de fraguado inicial. La etapa 3 es una reacción acelerada de los productos de hidratación que determina la tasa de endurecimiento y el tiempo de fraguado final.

En la etapa 4 hay una desaceleración de la formación de los productos de hidratación y determina la tasa de aumento de resistencia inicial. La etapa 5 es lenta, caracterizada por la formación estable de productos de hidratación, estabilizando la tasa de aumento de resistencia a edades avanzadas. El primer pico se da a los 7 min, el segundo pico entre 6 y 12 horas y el tercer pico entre 12 y 90 horas.

1.4 Concreto fresco, curado y desarrollo de resistencia

1.4.1. Concreto fresco

Todo concreto fresco debe cumplir con ciertos criterios como:

- Debe ser fácil de mezclar, transportar y colocar.
- Debe ser uniforme a todo lo largo de las tandas y entre tantas.
- Debe tener capacidad para poder fluir, para adaptarse a las formas que ser moldeado.
- Debe poder ser compactado sin ser necesario demasiada energía.
- No deberá segregarse durante su transporte, colocación y compactación.
- Deberá dejar una superficie acabada en el encofrado (libre de cangrejeras, porosidad excesiva).

1.4.1.1 Trabajabilidad

La trabajabilidad se define como la cantidad de trabajo mecánico o energía que se requiere para producir una compactación completa (consolidación) del concreto sin que se produzca segregación.

Algunos de los aspectos más importantes de esta propiedad son los requerimientos, subjetivos y objetivos, que se tienen en distintas circunstancias como: consistencia, fluidez, capacidad de transporte, capacidad de ser bombeado compactabilidad, acabado superficial, dureza.

La trabajabilidad tiene distintas formas de medirse, pero la cultura de construcción en nuestro medio, el método más usado es el cono de Abrams, en el cual mide el asentamiento en pulgadas de un tronco de concreto fresco.

Factores que afectan la trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto es influenciada por diversos factores como contenido de agua en la mezcla, proporciones de los componentes de la mezcla, propiedades de los agregados, tiempo, temperatura, tipo de cemento, aditivos.

Influencia del contenido de agua

Es el factor más importante y el que tiene más influencia en la trabajabilidad del concreto. Incrementando el contenido de agua se incrementará también la facilidad con la que el concreto fluye y puede ser compactado.

Sin embargo se genera una caída en la resistencia debido al aumento de la relación agua-cemento A/C , para evitar esto, se incrementa también la cantidad de cemento (finalmente lo que se hace, es incrementar la pasta de cemento), el hecho de agregar agua puede producir segregación y sangrado en el concreto con más facilidad.

El agua que se agrega sobre una mezcla para mejorar su trabajabilidad se distribuye en varias funciones, primero una parte es absorbida por la superficie de las partículas, y luego lo restante debe llenar el espacio entre las partículas con una “película de agua” la cual lubrica las partículas separándolas; en partículas finas se requiere más cantidad de agua porque tienen más área superficial específica. La lubricación depende adicionalmente de una buena gradación de la grava utilizada y de la redondez del agregado.

Influencia de los agregados

Esta influencia se evidencia en la relación en volumen entre el agregado grueso y fino, la textura superficial, redondez, y absorbencia del agregado. Mientras el agregado sea bien graduado con textura lisa, lo más esférico (menos angular posible, menor trabazón mecánica) y absorba la menor cantidad posible de agua de la mezcla mejor será la fluidez del concreto.

Influencia de la temperatura

La temperatura ambiental conforme va en aumento la trabajabilidad disminuye, ya que las altas temperaturas aumentan la tasa de hidratación y la velocidad evaporación, esto genera que se considere más agua en los diseños de mezclas en climas cálidos para mantener la misma trabajabilidad o el uso de aditivos retardantes de fragua, tal como se muestra en la Figura 3.

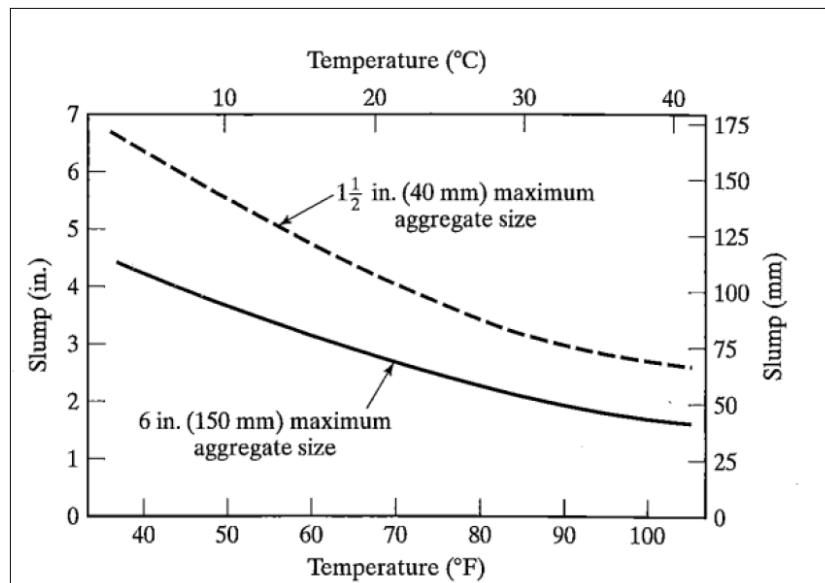


Figura 3 Relación entre el slump y temperatura para distintos tipos de tamaño máximo de agregado

Fuente: Concrete –Mindess, Young, Darwin –Second Edition – 2002.

Influencia según las características del cemento

Un cemento con un módulo de fineza alto, y por consiguiente con un valor de superficie específica alto (por ejemplo un TIPO III, con alto calor y resistencia a edades temprana) requerirá mayor cantidad de agua para conseguir la misma trabajabilidad que con un cemento TIPO I.

1.4.1.2 Pérdida de trabajabilidad

La pérdida de trabajabilidad es aproximadamente lineal con respecto al tiempo, aunque es mayor entre los primeros 30 min a 60 min después del mezclado. Cuando la fragua inicial del concreto comienza demasiado pronto se puede “retemplar” la mezcla agregando agua y remezclado, pero esto generara un aumento en la relación agua cemento A/C y una disminución de la resistencia es por esto que es recomendable cuando realice este proceso se aumente también el contenido cemento; sin embargo con todo estos cuidados se deberá siempre evitar retemplar la mezcla, ya que se rompen las microestructuras (enlaces químicos) que recién se empiezan a formar.

1.4.2 Curado y desarrollo de resistencia

El curado y el desarrollo de resistencia están muy relacionados entre sí, un adecuado curado desencadena en un buen desarrollo de resistencia del concreto, siempre que la preparación, diseño de mezcla, colocación y acabado sean los adecuados.

1.4.2.1 Curado

El curado del concreto es la actividad por la cual se suministra y mantiene la temperatura y humedad, por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación del concreto, con el fin de lograr una óptima hidratación del cemento lo que favorecerá el desarrollo de las propiedades deseadas del concreto.

Estas propiedades deseadas son, una buena: resistencia a la compresión, abrasión, estabilidad volumétrica, resistencia a congelación-deshielo.

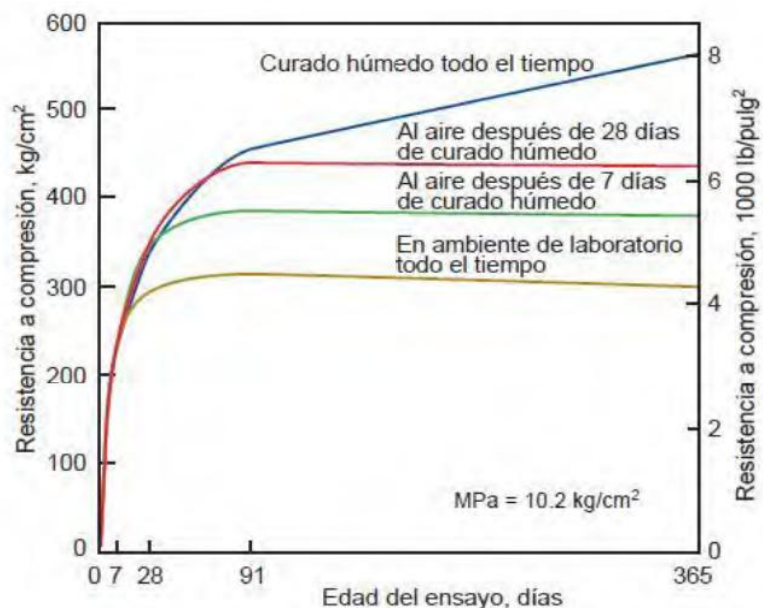


Figura 4 Efecto de curado húmedo sobre el desarrollo de la resistencia del concreto

Fuente: Ginnerman y Shuman 1928.

Como se observa en el Figura 4, el concreto cuando es sometido a un curado estándar, mediante inmersión completa y permanente en agua (línea azul). La resistencia aumenta considerablemente solo durante 28 días, a partir del día 28 el ritmo de aumento de resistencia es lineal y con una pendiente muy suave, es por esta razón que tradicionalmente se toma como resistencia máxima a la compresión f_c de Los especímenes de concreto a 28 días. Es importante

recordar que el período de curado igual a 3 días permite únicamente alcanzar el 75 – 80 % de la resistencia potencial a 28 días que se podría alcanzar con un curado húmedo continuo.

Métodos de curado

Se debe mantener el concreto húmedo y a temperaturas favorables a través de tres métodos de curado.

- Métodos que mantienen el agua de la mezcla (agua de mezclado) presente durante los periodos iniciales de endurecimiento. Entre estos se incluyen encharcamientos o inmersión, rociado, aspersión o niebla y coberturas saturadas de agua. Estos métodos permiten un cierto enfriamiento a través de la evaporación, lo cual es beneficioso en climas cálidos.
- Métodos que reducen la pérdida de agua de mezcla en la superficie del concreto.

Esto se puede hacer cubriéndose el concreto con un papel impermeable o plástico o a través de la aplicación de compuestos formadores de membrana.

Métodos que aceleran el desarrollo de la resistencia a través del suministro de calor y humedad adicional al concreto. Esto se realiza con métodos de curado acelerado.

1.4.2.2 Desarrollo de resistencia

El desarrollo de resistencia tiene varias etapas que se inician desde la pérdida de trabajabilidad e inicio de la fragua inicial hasta el endurecimiento final del concreto. El tiempo y la temperatura, son dos factores importantes para el desarrollo de resistencia del concreto, se puede observar en el Figura 5.



Figura 5 Curva de desarrollo de resistencia

Fuente: Ginnerman y Shuman 1928.

1.4.2.3 Tiempo y temperatura de curado

El periodo o tiempo de curado del concreto será el necesario que garantice la resistencia a la compresión del concreto a la cual ha sido diseñado. Durante este tiempo se deberá controlar la pérdida de humedad en el concreto. Este período de curado debe ser continuo. Ciclos de desecamientos y humedecimiento someterán al concreto a esfuerzos de tracción mientras el concreto aún es débil, reduciendo así su resistencia final o última. Una temperatura de curado más elevada proporciona un desarrollo más temprano de la resistencia a la compresión, en comparación al desarrollo que se da, a una temperatura más baja, además estas temperaturas elevadas de curado acelerado disminuyen la resistencia a los 28 días, como se observa en la figura 6.

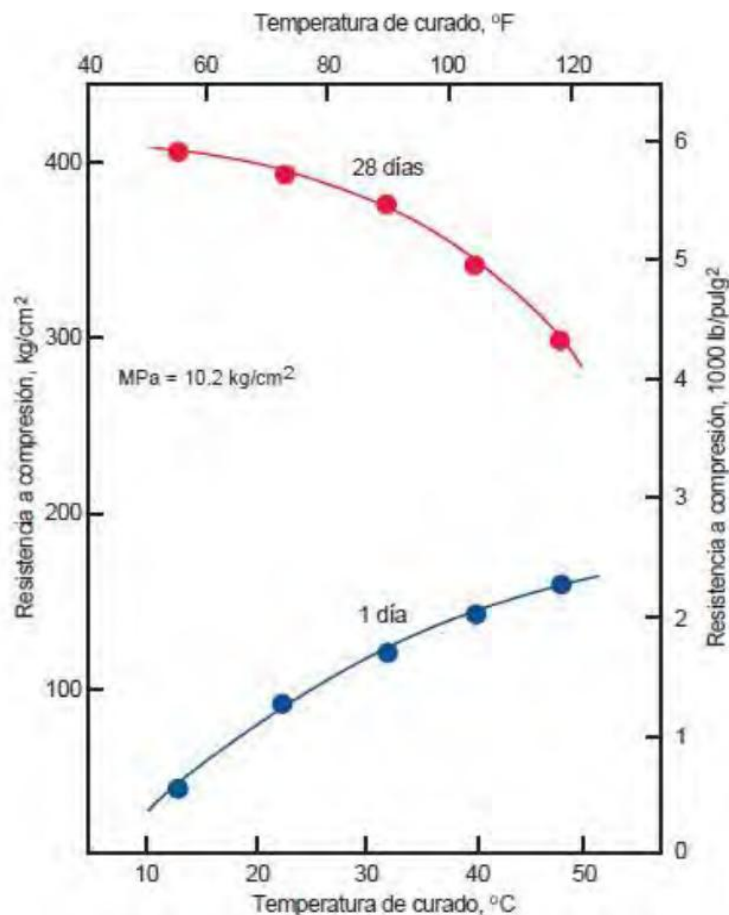


Figura 6 La resistencia a un día aumenta conforme aumenta la temperatura de curado, pero la resistencia a los 28 días disminuye con el aumento de esta temperatura

Fuente: Verbeck y Helmuth 1968.

1.4.2.4 **Fraguado del concreto**

El fraguado es definido como la aparición de rigidez en el concreto fresco, el fraguado no debe ser confundido con el endurecimiento el cual es el desarrollo de una resistencia útil; el fraguado precede al endurecimiento y debe ser entendido como un periodo de transición entre su verdadera fluidez y su verdadera rigidez como se muestra en el Figura 7.

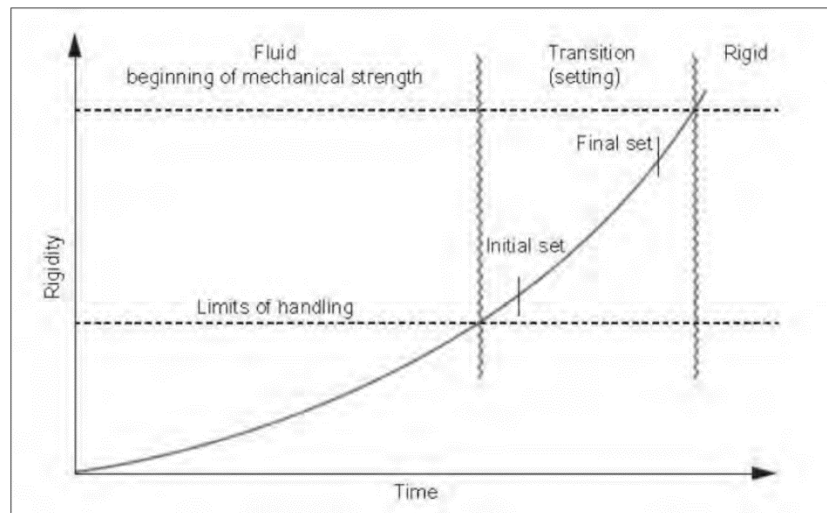


Figura 7 Proceso de fraguado y endurecimiento del concreto

Fuente: Concrete –Mindess, Young, Darwin - Second Edition – 2002.

1.4.2.5 **Tiempo de fragua**

La fragua del concreto es un proceso gradual, el cual viene definido por el tiempo que requiere para que el mortero alcance valores de resistencia a penetración significativos.

El tiempo de fragua del concreto es una medida arbitraria, y es un parámetro importante por las siguientes razones:

- Ayuda a regular los tiempos de mezclado y transporte.
- Conocer la efectividad de los distintos aditivos controladores de fragua (retardadores y aceleradores de fragua).
- Ayuda en el plan de programación para las operaciones de acabado del concreto.

Puede ser usado para determinar los efectos de variables, tales como contenido de agua, marca, tipo y cantidad de material cemento y aditivos, en el tiempo de fragua.

CAPÍTULO II

2. VENTAJAS, LIMITACIONES Y SOLUCIONES DEL CURADO ACELERADO

Malhotra 1981, Actualmente en la construcción, se evidencia, que el ritmo de colocación de concreto ha aumentado. Por ejemplo edificios que tiempo atrás, demoraban años en completarse ahora se realizan solo en cuestión de meses, esto genera que esperar roturas a los 28 días e incluso 7 y 14 días para evaluar si un determinado concreto cumple con los requerimientos exigidos en resistencia, es demasiado tiempo.

The Aberdeen Group (1981), Durante este tiempo de espera, probablemente se colocará concreto de buena resistencia por encima del concreto que eventualmente deberá ser demolido (por cuestiones de calidad). Por lo dicho anteriormente es necesario un método que permita de manera temprana, proyectar la resistencia a edades mayores.

Es por esta razón que resulta útil someter el concreto a un curado acelerado, ya que ayuda a la obtención de los valores de resistencia a la compresión del concreto, en un menor tiempo 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos, esto permite tomar acciones tempranas de corrección y control, optimizando el tiempo de reacción para realizar correcciones en la dosificación o diseño de mezcla.

2.1. Ventajas y limitaciones del aceleramiento de resistencia.

La ventaja principal del curado acelerado es básicamente la obtención de manera rápida y confiable de información para poder proyectar valores de resistencia a la compresión ($f'c$) a 28 días, utilizando valores de resistencia a la edad de 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos día con una aceptable confiabilidad.

Los resultados obtenidos del aceleramiento de resistencia también pueden ser utilizados para conocer la variabilidad de la resistencia del concreto que está siendo colocado en obras (control de calidad), esto nos permite realizar las correcciones pertinentes en el diseño o dosificación del concreto.

(Ahmed 2005, Lamond 1983). Los datos de resistencia obtenidos mediante la aplicación de este curado acelerado tienen la misma variabilidad que las resistencias obtenidas con el curado tradicional Se cuenta con experiencias del uso de curado acelerado en obras de EE.UU y Canadá con resultados satisfactorios, en el control de calidad y la predicción a resistencias a 28 días. Además según investigaciones difundidas por el American Concrete Institute (ACI) es muy probable que en un futuro se utilicen los curados acelerados conocidos como "One Day Test" para la aprobación del concreto en obra y no esperar 28 días como sucede en la actualidad.

(Lamond1983, The Aberdeen Group (1981), Meyer 1997). Otra ventaja que se puede considerar en el uso del curado acelerado es el ahorro de espacio en la poza de curado (método estándar), ya que cuando se trabajan con volúmenes considerables de concreto, el número de muestras (probetas) obtenido es considerable. La limitación que podemos encontrar en la realización del curado acelerado, es que se requiere cierto nivel técnico del personal, además de la implementación o compra de una máquina de curado acelerado.

2.2. Métodos de aceleramiento de resistencia según NTP 339.213, año 2015

En la Figura 8, se resumen los cuatro métodos de curado acelerado presentes en la norma NTP 339.213, año 2015, estos están clasificados en:

- A (método de agua caliente)
- B (método del agua hirviendo)
- C (método autógeno)
- D (método de calor y presión).

Proceso	Moldes	Fuentes de aceleración	Temperatura de curado acelerado °C	Edad de inicio de curado	Duración de curado	Edad de ensayo
A	Reusable o uso simple	Calor de hidratación	35	Inmediatamente después de la colocación	23,5 h +- 30 min	24 h +- 15 min
B	Reusable o uso simple	Agua hirviendo	Hirviendo	23 h +- 30 min después de la colocación	3,5 h +- 5 min	28,5h +- 15 min
C	Simple uso	Calor de hidratación	T inicial + calor de hidratación	Inmediatamente después de la colocación	48 h +- 15 min	49 h +- 15 min
D	Simple uso	Calor externo y presión	150	Inmediatamente después de la colocación	5 h +- 5 min	5,25 h +- 5 min*
*Agregar 30 min si se utiliza capa compuesta de azufre.						

Figura 8 Norma NTP 339.213, año 2015

Fuente: Norma NTP 339.213

2.3. Método de aceleramiento mediante el uso de agua hirviendo.

El método que utilizaremos es el método B de aceleramiento de resistencia de la norma 339.213, el cual utiliza agua hirviendo y nos permite realizar una proyección de resistencias a 28 días con curado estándar, mediante el uso de valores de resistencia aceleradas a 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos.

Para poder utilizar el método B se necesita de la realización de un gráfico de correlación, este gráfico es único para cada tipo de agregado y cemento, es decir si se cambia de cantera o de tipo de cemento se deberá obtener una nueva gráfica de correlación.

Las ventajas del método B con respecto a los otros métodos (A, C, D) se detallan a continuación.

- ✓ El método B en comparación con el método A, tiene la ventaja que el tiempo de duración del ensayo es menor; además en ambos métodos se hace necesaria la presencia de un laboratorista permanentemente durante el tiempo que dura el ensayo, lo que hace más práctico la realización del método B, además los resultados acelerados de resistencia obtenidos se diferencian más con el curado B, lo cual es muy útil cuando se trabajan con relaciones agua-cemento cercanas. (Majid 2001, Malhotra 1981).
- ✓ El método B en comparación con el método C, tiene la ventaja que el tiempo de curado es menor (3.5 horas) en comparación con el método C (48 horas).
- ✓ El método B en comparación con el método D, tiene la ventaja que la implementación para la realización de los ensayos es mucho más simple; el método D considera la aplicación simultánea de presión y calor al mismo tiempo.

La aplicación del método de curado acelerado B ya ha sido resuelto por distintos fabricantes, provenientes de países como, Italia y China; el precio de la máquina de curado más los costos de envío, superan largamente el precio de fabricación de manera local haciendo uso de materiales e ingeniería netamente peruana. Es esto justamente uno de los objetivos de este estudio, conocer, implementar y utilizar la máquina de curado.

2.1 Máquinas existentes para realizar curado acelerado con agua hirviendo

Se han estudiado las características presentes en modelos de máquinas de curado acelerado en mercados internacionales, hemos tomado como referencia

estas características, así como las recomendaciones de la norma NTP 339.213. Con esta recolección de información hemos construido, haciendo uso materiales disponibles en Perú una máquina de curado acelerado, capaz de satisfacer los requerimientos de la norma NTP 339.213, año 2015. En el mercado nacional no existen fabricantes o importadores directos de máquinas de curado acelerado, sin embargo se fabrican en países como Italia y China (ver Figura 9).

Pais	Precio dólares sin envío	Fabricante	Fuente
China	800	CangzhouBaoHua Hardware Co., Limited	http://spanish.alibaba.com/product-gs/model-jyf-6-series-concrete-rapid-curing-cabinet-794828553.html
Italia	1300	CONTROLS s.r.l.	http://www.controls-group.com/eng/concrete-testing-equipment/programmable-accelerated-curing-tanks.php
India	-	Rajco Cientific & Engineering Products	http://www.stecoscientific.com/concrete-testing-equipment.html

Figura 9 Países donde se fabrican máquinas de curado acelerado

Fuente: Norma NTP 339.213 Majid 2001, Malhotra 1981

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN, PARÁMETROS Y MÉTODOS O TIPO DE ENSAYO

Para la fabricación, implementación y realización de ensayos con la máquina de curado acelerado, se tomó los lineamientos y recomendaciones de las normas NTP 339.213, año 2015 y ASTM C-684-99 "Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens".

3.1.1 Procedimiento de Curado en Agua Hirviendo.

Luego de moldear los espécimen de concreto, se procede a taparlos para evitar la pérdida de humedad, manteniéndolo almacenado durante 23 horas \pm 15 minutos en un ambiente de temperatura a $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deberá cuidarse que en este lapso la probeta no sea alterada con vibraciones, sacudidas, etc. Al término del curado inicial, se introducen Los especímenes en el tanque con agua en ebullición. Evidentemente se produce un descenso de temperatura, debiendo volver a ebullición 15 minutos después de colocar los cilindros.

Como se sabe, la temperatura a la que hierve el agua varía según la altitud sobre el nivel del mar, pero la diferencia de la temperatura alcanzada no es significativa para hacer variar los resultados. Sin embargo, es recomendable experimentar en cada caso, efectuando las correlaciones apropiadas.

La temperatura del agua deberá verificarse en el curso del período de curado. Después de curar por 3 y 1/2 horas \pm 5 minutos, se retira la probeta del recipiente de agua hirviendo y se deja enfriar por más de una hora, a temperatura ambiente, antes de aplicar el material de coronación. La duración total del procedimiento, desde el término del moldeo de la probeta hasta la rotura, será de 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos.

Durante la prueba deberán cuidarse los escapes repentinos de vapor, cuando se destapa el recipiente, que puedan producir quemaduras o irritación en los ojos.

Del tanque de curado

Los tanques de curado se fabrican generalmente de modo que puedan acomodarse cuatro cilindros; que deben guardar entre ellos una separación de 10 cm y 5 cm de luz libre con las paredes del tanque. Deberá preverse una malla o plancha perforada de soporte para los cilindros, que permita la libre circulación del agua, elevándose aproximadamente 10 cm sobre el fondo del recipiente. El nivel del agua deberá mantenerse uniforme 10 cm por encima de la tapa de los moldes. El tanque deberá contar con un dispositivo para mantener el nivel de agua y registros para la ubicación de termómetros.

Las resistencias eléctricas, del tipo de las utilizadas en los calentadores de agua, deberán ubicarse de tal manera que posibiliten una temperatura uniforme, por

debajo del soporte de los cilindros, recomendándose la elección de dos de 1500 W y 5000 W.

La Figura N° 10 expone el esquema del tanque de curado según A.S.T.M.

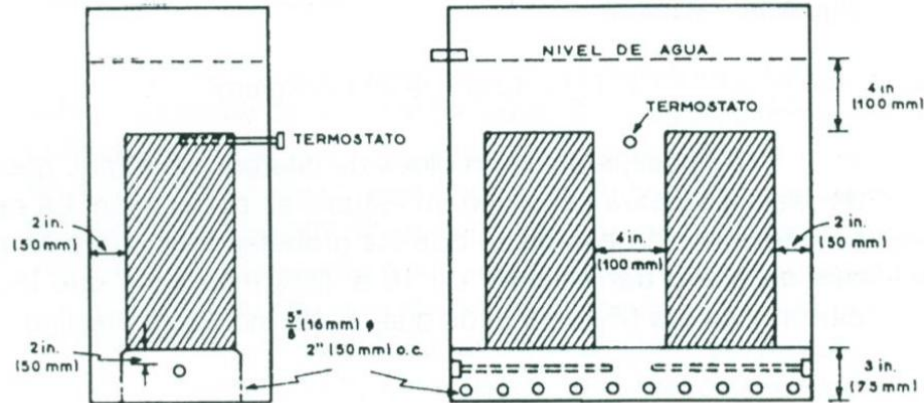


Figura N° 1

Figura 10 Ensayos Acelerados De Concreto Cemento

Fuente: Boletín Técnico Marzo 1997 No. 78

3.1.2 Aplicaciones

Los ensayos acelerados de resistencia se utilizan principalmente en el control interno de calidad y no para efectos del control oficial, con fines de aceptación del concreto. Vale decir que si la prueba acelerada da un nivel aceptable, se requiere su confirmación a los 28 días; pero si es desfavorable, será necesario esclarecer las causas del desarreglo y tomar las medidas correctivas necesarias. Una posición menos conservadora consiste en aprobar los concretos que pasan la prueba de curado acelerado y, en caso de resultado desfavorable, esperar la prueba convencional de 28 días.

Se ha tratado de establecer la correlación entre los diferentes métodos de ensayo acelerado y la resistencia convencional a los 28 días. Sin embargo ninguna expresión obtenida con base empírica puede ser perfecta, pues las relaciones de resistencia están sujetas al tipo y cantidad de los materiales utilizados en la preparación del concreto. Se considera que es posible predecir la resistencia a la compresión a los 28 días con una precisión de $\pm 5\%$.

En la Figura N° 11 se establecen en línea delgada los trazos correspondientes a correlaciones obtenidas por diferentes investigadores a nivel internacional; y en línea llena la que corresponde a la denominada ecuación universal, dada por la siguiente relación:

$$f_{28} = 1.55acc + 89.65K \text{ g/cm}^2$$

Es posible utilizar moldes de diferente material, debiendo realizarse para cada tipo un estudio de correlación. La experiencia conocida establece que los especímenes

fabricados en moldes de acero dan valores de 10 a 15 % más altos que las de cartón y de 3 a 6 % más altos que las de molde de plástico.

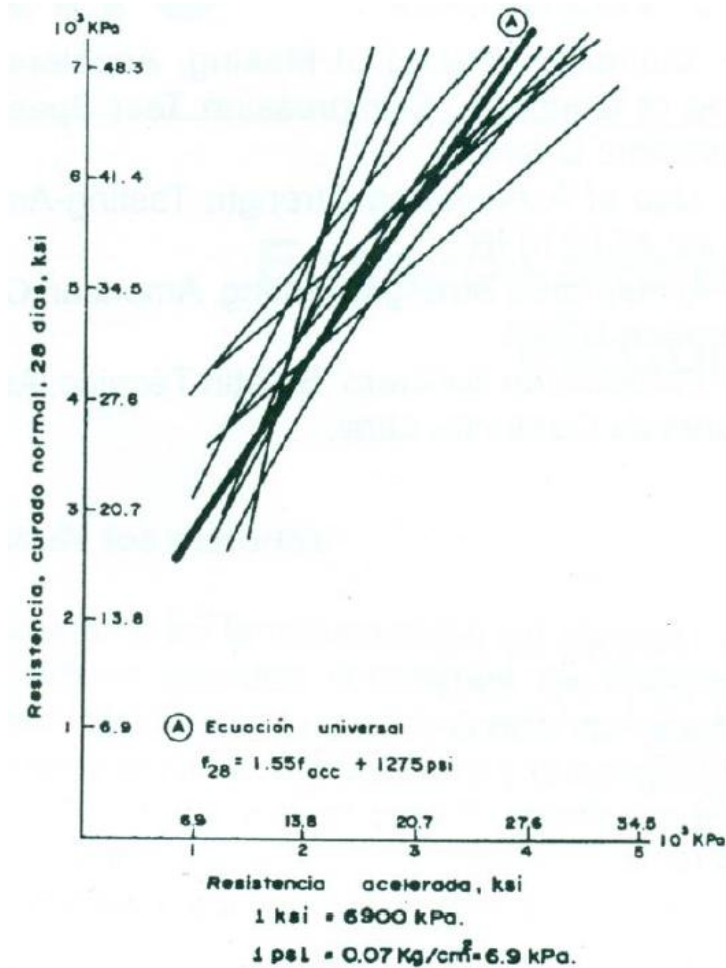


Figura 11 Correlaciones obtenidas por diferentes investigadores

Fuente: Boletín Técnico Marzo 1997 No. 78

3.1.3 Fabricación de la poza de curado

La norma 339.213, año 2015, recomienda que el nivel del agua mínimo sobre una probeta que está siendo curada aceleradamente debe ser de 10 cm; la distancia entre probetas que están siendo curadas debe ser como mínimo de 10 cm y la distancia entre la pared interna del tanque de curado y la probeta debe ser como mínimo de 5cm, la distancia entre el fondo de la probeta y el fondo del tanque de curado deberá ser como mínimo de 7.5cm para permitir un flujo natural del agua.

Con las recomendaciones descritas, se procedió a la fabricación del tanque de curado (ver Figura 12), este proceso tomo mes y medio, durante este tiempo se diseñó y construyó el tanque de concreto armado para el curado acelerado. Durante el proceso de construcción, se fue afinando el diseño de la máquina hasta obtener el diseño actual.



Figura 12 Tanque de curado acelerado con el panel de control.

Fuente: elaboración Propia

El tanque de concreto armado mantener la temperatura estable y permite albergar en su interior a 60 probetas de tamaño estándar 12"x6" (ver Figura 13), las cuales son sometidas a una temperatura controlada de 21 °C. Este proceso es posible gracias al uso de 1323 litros de agua, las dimensiones interiores del tanque de curado son 2.25m x 1.15m x 1.00m (largo, ancho, profundidad).



Figura 13 Tanque de concreto y distribución de los especímenes al interior del tanque

Fuente: elaboración Propia

Las dimensiones exteriores de la máquina de curado acelerado son 2.25m x 1.15m x 1.00m (largo, ancho, profundidad).

3.2. Materiales necesarios para implementar el tanque de curado acelerado

Los materiales necesarios para implementar el tanque de curado se clasifican en los siguientes grupos: estructuras de concreto, electrónicas y eléctricas, aislamiento, accesorios. A continuación se describe cada grupo.

EXTRUCTURA DE CONCRETO

En este grupo contamos con los materiales que involucran trabajos con acero de 3/4. Poza de curado acelerado con tapa a doble asa (ver Figura 14), fabricada de acero y concreto armado, con espesor de 15 cm.

El tanque de curado acelerado tiene las dimensiones interiores de 2.10m x 0.90.m x 0.70m (largo, ancho, profundidad). Interiormente se cuenta con una parrilla de acero para el soporte de 3 columnas de 10 por 02 filas (Total 60 unid) de probetas, e instalar 03 resistencias, ubicadas a 0.5 cm del fondo en el tanque y separadas 0,70 cm entre ellas para mantener a una determinada temperatura.



Figura 14 Tanque de concreto armado

Fuente: elaboración Propia

ELECTRÓNICOS Y ELÉCTRICOS

En este grupo contamos con los materiales e instrumentos que requieren flujo de electricidad para su funcionamiento.

CONTROLADOR DE PROCESOS temperatura digital es un dispositivo multiplicación excelente y conveniente para el control de temperatura en los acuarios. La estabilidad de la temperatura del acuario es uno de los factores cruciales que contribuye a la salud y la seguridad de sus peces.

Alarma Control fijando la temperatura ajustada valor diferente Calibración Refrigeración salida demora protección, diagrama de control para instalación, ternario, vivero, invernaderos granjas de pollos, Incubadora de aves de codorniz, y todo tipo de aves, ganadería y otras aplicaciones.

Cambiar entre los modos de frío y calor; Temperatura de control estableciendo el valor de ajuste de la temperatura y el valor de la diferencia;

Calibración de la temperatura; Refrigeración de protección de retardo de salida de control;

Alarma cuando la temperatura excede el límite de temperatura o cuando el error del sensor.

Especificación y tamaño

tamaño del panel frontal: 75 (L) x 34.5 (W) (mm)

tamaño de montaje: 71 (L) x 29 (W) mm

longitud del sensor: 2m (incluye la sonda)

Tamaño del producto (L) x 34.5 (W) x 85 (D) mm

Parámetros técnicos

Fuente de alimentación: 220 V / - 10a %, 50 / 60Hz

Consumo de energía: menos de igual 3W

Sensor: sensor NTC (1PC)

capacidad de los contactos de rele: Cool 10A / 250VAC; Heat 10A / 250VAC

temperatura ambiente : 0 ~ 60 Celsius

temperatura de almacenamiento: -30 ~ 75 Celsius



Figura 15 Controlador de temperatura

Fuente: elaboración Propia

TERMOSTATO SENSOR MODELO PT100 con cabezal de 4" L x 1/2" x 6.4mm marca FOTEK (ver Figura 16), su función es informar mediante pulsos eléctricos al pirómetro de la temperatura al interior del tanque de curado.



Figura 16 Termostato Sensor Modelo Pt100

Fuente: elaboración Propia

CAJA DE CONTROL de los instrumentos y materiales eléctricos, una caja de control que cuenta con 06 (seis) llaves termomagnéticas de 63 amperios, la primera llave tiene la función de llave general para todo el sistema y la segunda a la quinta llave termomagnética controla solo el flujo de electricidad hacia las tres resistencias calentadoras de agua (tipoterma).



Figura 17 Caja de control vista interior y exterior

Fuente: elaboración Propia

RESISTENCIAS calentadoras de agua (tipo terma) de 3000 Watts cada una (ver Figura 18)



Figura 18 Resistencia de 3000 watts

Fuente: elaboración Propia

COCINA A GAS Cocina industrial a gas marca fradic, Fabricado con planchas de acero inoxidable calidad AISI 304 2B. Equipada con cuatro quemadores CF de fierro fundido de 7" de diámetro, 1 parrillas de fierro fundido, 1 plancha freidora de acero de 3/8" de

espesor, Válvulas de dos posiciones max/min, perillas de aluminio, pedestal de acero inoxidable, 03 hornillas.



Figura 19 Cocina industrial Fradic

Fuente: elaboración Propia

RECIPIENTE DE METAL servirá para hervir Los especímenes a una temperatura promedio 60 ° centígrados durante 4 Horas, luego pasa al proceso de ebullición durante 3 horas y posteriormente a enfriar durante 1 hora y listo para la romper a comprensión.



Figura 20 Reciente de metal soporta cerca de 200 Grados centígrado

Fuente: elaboración Propia

MEZCLADORA DE CONCRETO 11HP

Esta máquina de compresión compacta y transportable, con bomba hidráulica de funcionamiento manual, lectura por aro dinamométrico. Está preparada y diseñada especialmente para el ensayo a la compresión de probetas de hormigón de 15x30cm.



Figura 21 Mezcladora de concreto de 11 hp motor Honda

Fuente: elaboración Propia

MOLDE PROBETA

Los moldes utilizados para la elaboración de Los especímenes deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento. Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto



Figura 22 Molde de probeta para concreto

Fuente: elaboración Propia

BARRA DE ACERO

Sirve para la compactación y moldeado se requiere de una barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud; uno de sus extremos debe ser redondeado.

MARTILLO CON CABEZA DE GOMA con un peso aproximado de 600 gramos, para golpear el molde suavemente y liberar las burbujas de aire.

CONO DE ABRAMS

Instrumento metálico que se utiliza en el ensayo que se le realiza al hormigón en su estado fresco con la finalidad de medir su consistencia.



Figura 23 Cono de Abrams y accesorios

Fuente: elaboración Propia

CAPEADOR

Capeador de acero para espécimen de concreto 05x10 10x20 e 15x30



Figura 24 Capeador

Fuente: elaboración Propia

PRENSA HIDRAULICA DE ALTA ESTABILIDAD, programable para ensayos a compresión de cilindros, compuesta por una consola de mando con indicación y control. Cumple con normas ASTM, ISO, AASTHO, pantalla de indicación digital, cadenciómetro luminoso para indicación de la velocidad de aplicación de carga, teclado de membrana, y botón de parada de emergencia. El operario selecciona el ensayo y los parámetros. Con sólo presionar una tecla el ensayo se inicia. Cuando la muestra falla se detiene, se memorizan los resultados de ensayo y la prensa vuelve a quedar lista para el siguiente ensayo. Durante el ensayo se indica la fuerza, el esfuerzo y velocidad de aplicación de carga.



Figura 25 Prensa Hidráulica 200 tn con contador electrónico

Fuente: elaboración Propia

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL, se debe usar el EPP (equipo de protección personal) por un tema de seguridad y salvaguardar la integridad física del trabajador. Incluye chalecos, guantes para caliente, casco y lentes de seguridad.



Figura 26 Equipo de seguridad Usar durante los ensayos.

Fuente: elaboración Propia

La lista completa de insumos y materiales necesarios, para la fabricación y la operación de la máquina de curado acelerado se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 La lista completa de insumos y materiales

Fuente: Elaboración propia

ITEMS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.
SOFTWARE			
1	Auto CAD 2015	UND	1
2	Office 2013	UND	1
3	Antivirus AVAST	UND	1
HARDWARE			
3	Laptop ASUS	UND	1
2	Impresora Epson	UND	1
4	Cámara Digital	UND	1
5	Internet	MES	3
6	Redes, otros	UND	1
RECURSOS INSUMOS Y SERVICIOS ADMINISTRATIVOS			
7	Papel	UND	1500
8	CD	UND	4
9	Fotocopias	UND	200
10	Anillados	UND	4
11	Teléfonos	UND	1
12	Recargas	UND	6
13	Viáticos	UND	50
14	Muebles, Estantes	UND	2
15	Servicio de Luz	UND	1
16	Servicio de Internet	UND	1
RECURSOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS CALIDAD			
17	Prensa hidráulica	UND	1
18	Cono de abrams	UND	1
19	Kit de cono de abrams	KIT	1
20	Molde probeta	UND	13
21	Tablero de Control	UND	1
22	Termostato	UND	1
23	Tanque de Concreto	UND	1
24	Resistencia de 3000 w	UND	1
25	Mezcladora de 11 hp	UND	1
26	Cocina industrial	UND	1
27	Capeador	UND	1
28	Recipiente de metal	UND	1
29	Cocina industrial	UND	1
30	Balón de gas	UND	1
RECURSOS MATERIALES			
31	Arena de producción	LATA	4
32	Piedra Chancada de 1/2	LATA	4
33	Cemento Pacasmayo Tipo I	BOLSA	1
34	Azúfre en Polvo	KG	2
HERRAMIENTAS MANUALES			
35	Carretilla tipo Buggie	UND	1
36	Palana	UND	1
37	Plancha	UND	1
NORMA TÉCNICA			
38	NT INACAL	UND	1
39	Información ASOCEM	UND	1
EQUIPOS DE SEGURIDAD - EPP			
40	Cascos de Seguridad	UND	4
41	Chaleco de seguridad	UND	4
42	Lentes de seguridad	UND	4
43	Guantes de seguridad	UND	4
44	Calzado de Seguridad	UND	4
45	Mameluco de Seguridad	UND	1
46	Respirador de Silicona	UND	2
47	Cartucho 6003 - 3M	UND	2

3.3. Dificultades técnicas y soluciones encontradas para la implementación.

Las dificultades técnicas encontradas a lo largo de este proyecto son:

- Se debió encontrar una manera de controlar la temperatura en tiempo real y de manera constante, es por esto que se recurrió al uso de un panel de control (pirómetro, relé, termocupla).
- Originalmente la máquina de curado acelerado contó con 3 resistencias de 1500 W pero el tiempo utilizado en calentar el agua hasta los 100 °C era de 4 horas, por tal razón se decidió duplicar la los watts y colocar 3 resistencias de 3000 W, reduciéndose el tiempo a 2 horas.
- Se encontró que el mezclador era muy pequeño para poder realizar de una sola tanda 6 probetas por lo que se tuvo que realizar 2 tandas para cada relación agua-cemento.
- Se observó que el tanque perdía calor por sus paredes metálicas, por lo que se optó utilizar el Fisiterm y disminuir la perdida de calor. Se observó que si se dejaba el tanque con agua a 100 °C de un día para otro este amanecía con una temperatura en promedio de 68 °C; lo cual ahorra energía al volver a prender la máquina al día siguiente.
- Se observó que el nivel de agua descendía por lo que fue necesario la reposición de agua con 2.5 litros cada 15 minutos y utilizando un hervidor con la finalidad de evitar bajar la temperatura del agua durante el ensayo.
- Para sumergir los especímenes con su molde en la máquina de curado acelerado y mientras el agua se encuentra hirviendo, fue necesario la fabricación de tres canastillas con fierro negro # 16. Evitamos así el contacto con el agua hirviendo y riesgo eléctrico.

3.4 Parámetros de los agregados y diseño de mezcla

Para realizar un correcto diseño y dosificación de mezclas de concreto es necesario conocer adecuadamente las características y parámetros de los agregados.

3.1.1 Parámetros de los agregados

Los husos granulométricos o granulometría del agregado grueso (AG) procedente de la cantera Saavedra (LLica) y agregado fino (AF), procedente de la cantera Saavedra (LLica) se muestran respectivamente ambas granulometrías fueron realizadas aplicando las normas NTP 400.037 y NTP 400.012.

3.1.1.1 Análisis granulométrico

Este método se usa principalmente para determinar la granulometría de los materiales propuestos que serán utilizados como agregados. Los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de los requerimientos de las

especificaciones que son aplicables y para suministrar los datos necesarios para la producción de diferentes agregados y mezclas que contengan agregados.

Para las definiciones de los términos utilizados en esta norma, se debe referir a la terminología expuesta en la norma ASTM C-136

Agregado grueso. Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, Peso de la muestra +Tara (g) = 9055.00 gramos.



Figura 27 Peso agregado Grueso de la muestra +Tara (g) = 9055g.

Fuente: Elaboración propia

Agregado fino. Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, Peso de la muestra +Tara (g) = 949.00 gramos.



Figura 28 Peso agregado Grueso de la muestra +Tara (g) = 949 g

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento para el Análisis granulométrico

Procedimiento de separar material para cuarteo de muestra agregado fino y agregado grueso.



Figura 29 Cuarteo del agregado Grueso para análisis granulométrico.

Fuente: Elaboración propia

Luego se escoge al azar y se separa la cuarta parte del material para análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso.



Figura 30 Cuarteo del agregado Fino para análisis granulométrico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 31 Cuarta parte agregado Grueso para análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia



Figura 32 Cuarta parte agregado Fino para análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia

Se seca la muestra a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), hasta obtener masa constante, con una aproximación de 0.1 % de la masa seca original de la muestra.



Figura 33 Secado en Horno de agregado Grueso y Fino para análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia

Luego, pesar y preparar el material para análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso.



Figura 34 Pesar el agregado Grueso para análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia



Figura 35 Pesar el agregado Fino para análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente ingresar el material a las mallas para análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso, para posterior pesar lo retenido en cada Malla.

MALLA TAMIZ
1"
3/4"
1/2"
3/8"
1/4"
No 4
No 8



Figura 36 Preparado de Mallas tamiz e ingreso de agregado Grueso

MALLA TAMIZ
1/2"
3/8"
1/4"
No 4
No 8
No 10
No 16
No 20
No 30
No 40
No 50
No 80
No 100
No 200



Figura 37 Preparado de Mallas tamiz e ingreso de agregado Fino

3.1.1.2 Módulo de Fineza

El módulo de finura, también llamado modulo granulométrico por algunos autores, no es un índice de granulometría, ya que un número infinito de tamizados da el mismo valor para el módulo de finura. Sin embargo, da una idea del grosor o finura del agregado, por este motivo se prefiere manejar el termino de Modulo de Finura.

El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100.

Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del hormigón, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del hormigón.

Para no tener que recalcular la dosificación del hormigón el módulo de finura del agregado fino, entre envíos sucesivos, no debe variar en más de ± 0.2 .

Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura son:

No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No, 8, No. 4, $\frac{3}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ ", 3" y de 6"

3.1.1.3 Verificando contenido de Humedad de los agregados

3.1.1.3.1 Agregado Grueso

Es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.

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 piedra del Rio LLaucano.

3.1.1.3.2 Agregado Fino

Se refiere al material principal que interviene en la composición del concreto u hormigón. 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 o chancado de la piedra del Rio LLaucano.

3.1.1.3.3 Procedimiento Para Determinación De La Humedad

A. Material Y Equipos

Balanza. Una balanza o báscula con precisión dentro del 0.1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, graduada como mínimo a 0,05 kg.



Figura 38 Balanza digital.

Fuente: Elaboración propia

Horno. Fuente de Calor capaz de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 39 Horno Digital

Fuente: Elaboración propia

Recipientes o Taras. Se utiliza para introducir la muestra en el horno.



Figura 40 Taras

Fuente: Elaboración propia

B. Base Teórica

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- Totalmente seco. Se logra mediante un secado al horno a 110 °C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- Parcialmente seco. Se logra mediante exposición al aire libre.
- Saturado y Superficialmente seco. (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- Totalmente Húmedo. Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$P = [(W - D) / D] * 100$$

Donde,

- P: es el contenido de humedad [%]
- W: es la masa inicial de la muestra [g]
- D: es la masa de la muestra seca [g]

También existe la Humedad Libre donde esta se refiere a la película superficial de agua que rodea el agregado; la humedad libre es igual a la diferencia entre la humedad total y la absorción del agregado, donde la humedad total es aquella que se define como la cantidad total que posee un agregado. Cuando la humedad libre es positiva se dice que el agregado está aportando agua a la mezcla, para el diseño de mezclas es importante saber esta propiedad; y cuando la humedad es negativa se dice que el agregado está quitando agua a la mezcla.

Esta propiedad está regido por el AASHTO T 265 ASTM D 2216 "*Determinación del Contenido de Humedad*" donde explica el procedimiento a seguir para realizar el ensayo para determinar dicha propiedad. Este método no se puede aplicar en aquellos casos en el que el calor pueda alterar al agregado, o donde se requiere una determinación más refinada de la humedad.

C. Procedimiento

El procedimiento a seguir para el desarrollo del ensayo de humedad total es el siguiente:

Primero se debe comenzar con la extracción y preparación de la muestra la cual debe realizarse de acuerdo con el procedimiento descrito en AASHTO T 265 ASTM

D 2216. La muestra debe ser representativa según el lugar de abastecimiento que se va a ensayar y en el caso de agregados de masa normal.



Figura 41 Ingreso de taras al Horno para secado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 42 Vista de las taras con el agregado Fino y grueso en el interior del Horno para secado.

Fuente: Elaboración propia



Figura 43 Extracción de taras del Horno después del secado.

Fuente: Elaboración propia



Figura 44 Peso de los agregados después del secado.

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3.4 Procedimiento para límites de Atterberg

Los agregados que no tienen cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-sólido, plástico o semi-líquido.

El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de los agregados a otro.

El método usado para medir estos límites se conoce como Método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan límites de Atterberg.

Ellos marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre los cuatro estados mencionados anteriormente. ASTM D 4318 define los límites. - Límite líquido (LL). Humedad de un suelo remoldeado, límite entre los estados líquido y plástico, expresado en porcentaje. - Límite plástico (LP). Humedad de un suelo remoldeado, límite entre los estados plástico y semi-sólido, expresado en porcentaje.

Por lo tanto: los límites del agregado Fino y Grueso se considera No plástico

Tabla 2 Límites de Atterberg del agregado Grueso
Fuente: Elaboración propia

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D 4318			
LL =	No Plástico	LP =	No Plástico
IP =	No Plástico	W =	1.04%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Límites de Atterberg del agregado Fino
Fuente: Elaboración propia

LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D 4318			
LL =	No Plástico	LP =	No Plástico
IP =	No Plástico	W =	3.01 %

3.1.1.3.5 Procedimiento para Gravedad Específica y Absorción de Agregado ASTM C-128

A. Densidad de agregado Fino.

De acuerdo con lo establecido en la ASTM C-128 “Ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino” los materiales y equipos que se requieren para el desarrollo del ensayo son:

- Balanza
- Picnómetro
- Matraz
- Molde cónico y pisón.
- Horno



Figura 45 Materiales para el ensayo agregado Fino- Gravedad Específica y Absorción de Agregado ASTM C-128

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el ensayo es necesario secar la muestra en el horno y cuando el material se encuentre manejable, sumergirlo en agua durante 24 horas. Posteriormente se retira el agua y se extiende la muestra sobre una superficie plana con el fin de que las partículas se sequen hasta llegar al estado SSS (Saturado Superficialmente Seco).

Para establecer si la muestra se encuentra realmente en el estado SSS, se realiza un tanteo con el molde cónico, tomando el molde con el diámetro mayor apoyado sobre la superficie y llenándolo con el material, posteriormente se apisona el agregado, empleando el pisón descrito en la norma y aplicando 25 golpes.

Se levanta el molde y en caso de que la muestra mantenga su forma cónica con derrumbes parciales, se establece que se encuentra en el estado SSS.

En este caso el procedimiento empleado fue el gravimétrico, el cual consiste en llenar un picnómetro parcialmente con agua, e introducir 490 gramos del agregado fino que se encuentre en el estado SSS. A continuación, se llena el picnómetro con un poco más de agua, y se agita. Se eliminan las burbujas de aire y se ajusta la temperatura del agua a 23 °C aproximadamente. Luego se determina la masa total del picnómetro, la muestra y el agua (C). Una vez se obtiene este valor se extrae el material del picnómetro, se deja secar a 110 ±5 °C y se determina su masa

- (A). Finalmente se determina la masa del picnómetro lleno de agua a 23±2 °C
- (B). Con los valores obtenidos es posible determinar la densidad y la absorción del material de acuerdo con las ecuaciones establecidas en la norma.

B. Densidad de agregado grueso.

Según la norma ASTM C-128 "Ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso", el equipo necesario para el desarrollo del mismo es:

- Balanza
- Canastillas metálicas
- Tanque de agua
- Dispositivo de suspensión
- Tamices
- Horno

Para el desarrollo del ensayo se realiza el cuarteo de los agregados de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM C-128, y se procede a lavar y tamizar la muestra para realizar el ensayo con el material retenido en el tamiz No. 4.



Figura 46 Materiales para el ensayo agregado Grueso - Gravedad Específica y Absorción de Agregado ASTM C-128

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se seca la muestra en el horno a 110 ± 5 °C y cuando se encuentre a temperatura ambiente, se sumerge en agua durante 24 ± 4 horas.

Se extrae el agua y se toman el material secándolo levemente el agua superficial con un paño, logrando así la condición saturada y superficialmente seca (SSS). Una vez en este estado se determina su masa (B).

Seguidamente se sumerge la muestra en agua empleando para ello la canastilla metálica y se determina su masa en agua a una temperatura de 23 ± 2 °C (C). Finalmente se seca la muestra en el horno a 110 ± 5 °C, se deja enfriar y se determina su masa (A).

Con los valores obtenidos se calcula la densidad y la absorción del material de acuerdo a los cálculos descritos en la norma.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

3.1.2 Diseño de mezcla

El diseño de mezcla será siguiendo el método de diseño del Método Walker, relaciones agua-cemento, esta cantidad de diseños viene determinada por la norma NTP 339.213, año 2015 para poder realizar el gráfico proyección y correlación de resistencias aceleradas Vs resistencias a 28 días.

MÉTODO WALKER

El concreto es un material heterogéneo constituido principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino, grueso.

El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo.

El denominado Método WALKER se desarrolla debido a la preocupación del profesor norteamericano Stanton Walker en relación con el hecho de que, sea cual fuera la resistencia de diseño del concreto se basa en la relación agua/cemento, contenido de cemento y características del agregado fino, la cantidad de agregado grueso.

Los parámetros para el diseño se elaboran mediante las siguientes Tablas.

Tabla 4 Método Walker -Asentamientos Recomendados para Varios Tipos de Estructuras

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTOS EN PULGADAS	
	Máximo *	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzada.	3	1
Cimentaciones simples, cajas y sub-estructuras de muro.	3	1
Vigas y muros armados.	4	1
Columnas de edificios.	4	1
Losas y pavimentos.	3	1
Concreto ciclópeo.	2	1

Tabla 5 Método Walker - Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto

Fuente: Elaboración propia

Consistencia del Concreto	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 " a 2 "	Poca
Plástica	3 " a 4 "	O.K.
Húmeda	>= 5 "	Poco

Tabla 6 Método Walker - Cantidades Aproximadas De Agua (Volumen Unitario del agua) De Mezclado Y Contenido De Aire Para Diferentes Valores De Asentamiento Y Tamaño Nominal Máximo Del Agregado

Fuente: Elaboración propia

ASENTAMIENTO	AGUA EN 1/m ³ DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO				
1" a 2"	207	145	190	179
3" a 4"	228	155	205	193
6" a 7"	243	200	216	202
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2	1.5	1.5
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO				
1" a 2"	181	175	168	160
3" a 4"	202	193	184	175
6" a 7"	216	205	197	184
Contenido total de Aire (%)	8	7	6	5

Tabla 7 Método Walker Relación Agua / Cemento y Resistencia del Concreto, Resistencia a los 28 Días

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión a los 28 días (kgf / cm ²) f'cr	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
210	0.63	0.59
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Tabla 8 Método Walker Relación Agua / Cemento

Fuente: Elaboración propia

RELACIÓN AGUA / CEMENTO	RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS	
	CONCRETO SIN AIRE	CONCRETO CON AIRE
	INCORPORADO	INCORPORADO
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

Tabla 9 Relación Agua / Cemento En Peso, para diversos contenidos de aire.

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión a los 28 días (kgf / cm ²)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO EN PESO , PARA DIVERSOS CONTENIDOS DE AIRE TOTAL				
	f' cr	0 %	2.5 %	4 %	6 %
140	0.80	0.76	0.71	0.67	0.60
175	0.71	0.67	0.62	0.58	0.51
210	0.64	0.63	0.55	0.51	0.45
245	0.58	0.53	0.49	0.45	0.47
280	0.53	0.49	0.45	0.40	0.33
315	0.49	0.45	0.40	0.36	0.29
350	0.45	0.40	0.36	0.31	0.24

Vista Final:

Corrección Por Humedad Usando El Método De Walker

Tabla 10 Relación Agua / Cemento En Peso, para diversos contenidos de aire.²

Fuente: Elaboración propia

Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.		
Cemento	:	1 Bolsa
Agregado fino húmedo	:	4 Lata
Agregado grueso húmedo	:	4 Lata
Agua Efectiva	:	23 lt / Bolsa

² APÉNDICE 2. Diseño de Mezcla según Método Walker Cálculo.

3.5. Elaboración, curado y rotura de especímenes de concreto

3.1.1 Elaboración de especímenes de concreto

Se pesan los materiales (cemento, agua, AF, AG) utilizando balanzas que se encuentren calibradas, adicionalmente se pesa en menor proporción (cemento, agua, (AF) con la misma relación agua-cemento que va a ser utilizada, para la realización de la pasta y poder humedecer el trompo y evitar perder pasta cuando estemos elaborando la mezcla de concreto en la mezcladora (ver Figura 47), hecho esto procedemos a colocar los materiales en el siguiente orden (piedra, agua, arena, agua, cemento, agua) para conseguir una mezcla más uniforme y evitar la generación de polvo.



Figura 47 Materiales para preparar concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura 48 Mezcladora preparando concreto.

Fuente: Elaboración propia

Debido al tamaño y capacidad de la mezcladora disponible en el laboratorio (ver Figura 49), se realizó 01 tanda de concreto con la mezcladora por cada relación agua-cemento, la tanda dio 09 probetas 6"x12" las cuales fueron destinadas a ser curadas en la poza de curado estándar.

En la misma tanda generó adicional 04 probetas 6"x12" las cuales fueron sometidas al aceleramiento de resistencia utilizando el método de curado acelerado.



Figura 49 Especímenes de concreto destinados para Curado Acelerado y Estándar.

Fuente: Elaboración propia

En cada una de las tandas se controló el slump utilizando el cono de Abrams y el rendimiento de la mezcla según la norma NTP 339.046.

3.1.2 Control SLUMP para elaboración de especímenes de concreto

Esta deberá ser tomada de acuerdo a la norma ASTM C 172, El denominado ensayo de asiento, llamado también de revenimiento o "Slump test", se encuentra ampliamente difundido y su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

Esta prueba, desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El cono de Abrams es un instrumento metálico que se utiliza en el ensayo que se le realiza la mezcla en su estado fresco para medir su consistencia ("fluidez" o "plasticidad" de la mezcla fresco).

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de la mezcla colocada en su interior.

Este método del asentamiento del cono de Abrams se debe realizar en laboratorio o en obra.

A. Materiales

Cono de abrams y plancha metálica rígida.

Varilla compactadora: Lisa, de punta semiesférica.

Cucharón: Tamaño apropiado y forma adecuada, de material no absorbente, metálico comúnmente utilizado.

Dispositivo de medida: Wincha o regla metálica.



Figura 50 Materiales para el Ensayo en Laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

B. Procedimiento

Muestra de la mezcla y acondicionamiento del equipo:

La cantidad de Mezcla necesaria para efectuar este ensayo, no será inferior a 30 litros. Respecto del equipo a emplear, éste se debe humedecer previamente sólo con agua, con el objeto de evitar que los implementos le resten humedad a la mezcla.



Figura 51 Imagen muestra el agregado y Concreto para el preparado de la mezcla

Fuente: Elaboración propia



Figura 52 Vista de la mezcla en la Carretilla tipo Buggie listo para el ensayo.

Fuente: Elaboración propia

Posición del operador:

Se coloca el molde sobre la placa de apoyo horizontal. El operador se debe parar sobre las pisaderas evitando el movimiento del molde durante el llenado.



Figura 53 Empezando el ensayo SLUMP

Fuente: Elaboración propia

Llenado del molde: 1ra capa

Se llena el molde en tres capas de igual volumen, apisonadas con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente. La capa inferior se llena hasta aproximadamente 7 cm de altura, se compacta con 25 golpes de varilla-pisón; los primeros golpes con la varilla ligeramente inclinada alrededor del perímetro, continuando hacia el centro en espiral.



Figura 54 Llenando el cono de la primera Capa

Fuente: Elaboración propia

Llenado del molde: 2da capa

Se llena el cono hasta 2/3 de su volumen (15 cm o media altura) y compacte nuevamente con 25 golpes de pisón, penetrando algunos centímetros en la 1ra capa. El apisonado se distribuye uniformemente.



Figura 55 Pisoneando con la Varilla alrededor del perímetro hacia el centro

Fuente: Elaboración propia

Llenado del molde: 3ra y última capa

Se llena el cono hasta desbordarlo y se compacta nuevamente con 25 golpes de pisón, penetrando algunos centímetros en la 2da capa.



Figura 56 Verificando llenado del cono en la Tercera Capa.

Fuente: Elaboración propia

Enrase y limpieza

Terminada la compactación de la capa superior, se enrasa la superficie haciendo rotar sobre ella la varilla-pisón. Sin dejar de pisar las pisaderas se limpia la mezcla derramado alrededor molde.



Figura 57 Verificando enrase y limpieza llenado del cono.

Fuente: Elaboración propia

Levantamiento del molde.

Se carga el molde con las manos, sujetándolo por las asas y dejando las pisaderas libres. Luego se levanta en dirección vertical sin perturbar la mezcla en un tiempo de 5 seg +- 2seg.



Figura 58 Imagen justo después del levantamiento del molde.

Fuente: Elaboración propia

Medición del asentamiento

Se coloca el pisón horizontalmente atravesado sobre el cono invertido, de modo que se extienda por sobre la mezcla asentado. Se mide la distancia entre la barra y el centro original de la cara superior de la mezcla, aproximando a 0,5 cm Esta distancia es el ASENTAMIENTO de la mezcla.



Figura 59 Imagen justo después del levantamiento del molde. 3" consistencia Blanda.

Fuente: Elaboración propia

C. Medición del asentamiento o SLUMP

Una vez levantado el molde, la disminución de altura del la mezcla (asiento) moldeado respecto al molde, será en un primer momento de aproximadamente 5 mm la medición se hace en el eje central del molde en su posición original. En función del asiento total, es posible determinar la fluidez. La normativa española del la mezcla (EHE) recoge distintas consistencias en función de dicho asiento, que deberán ser tenidas en cuenta a la hora de vaciar diferentes sistemas constructivos.

Dicha normativa recoge cualitativamente las siguientes consistencias en función del asiento del cono (en cm):

- ✓ De 0 a 2 cm, consistencia seca
- ✓ De 3 a 5 cm, consistencia plástica
- ✓ **De 6 a 9 cm, consistencia blanda**
- ✓ De 10 a 15 cm, consistencia fluida
- ✓ De 16 a 20 cm, consistencia líquida

3.1.3 Elaboración de especímenes de concreto

Para la elaboración Los especímenes cada una se llenó en 3 capas uniformes en volumen y cada capa fue compactada usando una varilla, la cual será introducida 25 veces por capa. Terminado el proceso de llenado de Los especímenes, se les almacena en un ambiente libre de vibración, calor excesivo durante 24 +-10horas antes de desmoldarlas, en el caso de Los especímenes que serán sometidas al curado estándar de 28 días y durante 23h +- 30min.



Figura 60 Nueve (09) Especímenes para curado estándar de una misma relación agua-cemento Y cuatro (04) Especímenes para curado Acelerado, todos realizadas de la misma tanda

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Curado de especímenes de concreto

Las 09 probetas que fueron sometidas a un curado estándar se colocaran en la poza de curado estándar (ver Figura 61).



Figura 61 Poza de curado, Los especímenes pasan 28 días en esta poza.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. MÉTODOS DE ENSAYO CURADO ACELERADO

4.1. Ensayos Acelerados De Concreto Cemento Boletín Técnico Marzo 1997 No. 78

4.1.1 Procedimiento de Curado en Agua Hirviendo.

Luego de moldear los espécimen de concreto, se procede a taparlos para evitar la pérdida de humedad, manteniéndolo almacenado durante 23 horas \pm 15 minutos en un ambiente de temperatura a $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deberá cuidarse que en este lapso la probeta no sea alterada con vibraciones, sacudidas, etc. Al término del curado inicial, se introducen Los especímenes en el tanque con agua en ebullición. Evidentemente se produce un descenso de temperatura, debiendo volver a ebullición 15 minutos después de colocar los cilindros.

Como se sabe, la temperatura a la que hierve el agua varía según la altitud sobre el nivel del mar, pero la diferencia de la temperatura alcanzada no es significativa para hacer variar los resultados. Sin embargo, es recomendable experimentar en cada caso, efectuando las correlaciones apropiadas.

La temperatura del agua deberá verificarse en el curso del período de curado. Después de curar por 3 y 1/2 horas \pm 5 minutos, se retira la probeta del recipiente de agua hirviendo y se deja enfriar por más de una hora, a temperatura ambiente, antes de aplicar el material de coronación. La duración total del procedimiento, desde el término del moldeo de la probeta hasta la rotura, será de 28 y 1/2 horas \pm 5 minutos. Durante la prueba deberán cuidarse los escapes repentinos de vapor, cuando se destapa el recipiente, que puedan producir quemaduras o irritación en los ojos.

Del tanque de curado

Los tanques de curado se fabrican generalmente de modo que puedan acomodarse cuatro cilindros; que deben guardar entre ellos una separación de 10 cm y 5 cm de luz libre con las paredes del tanque. Deberá preverse una malla o plancha perforada de soporte para los cilindros, que permita la libre circulación del agua, elevándose aproximadamente 10 cm sobre el fondo del recipiente. El nivel del agua deberá mantenerse uniforme 10 cm por encima de la tapa de los moldes.

El tanque deberá contar con un dispositivo para mantener el nivel de agua y registros para la ubicación de termómetros.

Los ensayos acelerados de resistencia se utilizan principalmente en el control interno de calidad y no para efectos del control oficial, con fines de aceptación del concreto. Vale decir que si la prueba acelerada da un nivel aceptable, se requiere su confirmación a los 28 días; pero si es desfavorable, será necesario esclarecer las causas del desarreglo y tomar las medidas correctivas necesarias. Una posición menos conservadora consiste en aprobar los concretos que pasan la prueba de

curado acelerado y, en caso de resultado desfavorable, esperar la prueba convencional de 28 días.

Se ha tratado de establecer la correlación entre los diferentes métodos de ensayo acelerado y la resistencia convencional a los 28 días. Sin embargo ninguna expresión obtenida con base empírica puede ser perfecta, pues las relaciones de resistencia están sujetas al tipo y cantidad de los materiales utilizados en la preparación del concreto. Se considera que es posible predecir la resistencia a la compresión a los 28 días con una precisión de $\pm 5\%$.

4.1.2 Posibilidades futuras.

Existe consenso entre los investigadores de que en el futuro la prueba de resistencia acelerada podrá reemplazar a la convencional a los 28 días, adaptándose sus valores en el diseño estructural.

Estas previsiones podrán cumplirse en caso de acumularse importantes experiencias con los métodos alternativos y la más amplia aceptación de su empleo; antecedentes necesarios para su introducción en las especificaciones de concreto.

En el ínterin, ASOCEM del Concreto ha establecido una recomendación para el uso de las pruebas aceleradas en el control de la calidad.

4.1.3 Tipo de Falla.

Según la Rotura de carga existen las siguientes clases.

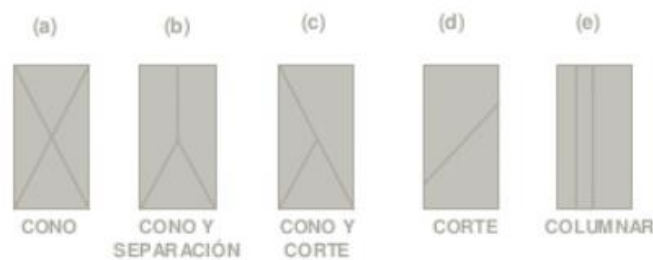


Figura 62 Tipos de falla de rotura

Fuente: Internet.

4.2. Procedimiento para elaboración de especímenes.

Luego de ser desmoldadas pasadas las 24 horas, mientras que las que Los especímenes sometidas al curado acelerado (ver Figura 63), tendrán que pasar exactamente 24 horas para poder ser sometidas a un curado acelerado durante $3.5h \pm 5min$ durante el tiempo de curado acelerado Los especímenes se encontraran en sus moldes.



Figura 63 Moldes esperando su desmolde

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO

Tabla 11 Información de moldeo de los especímenes según el siguiente Información de procedimiento

Fuente: Elaboración propia

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
05/03/2018 08:30	Moldeo de espécimen A-1	05/03/2018 08:35	0:05:00
05/03/2018 08:35	Moldeo de espécimen A-2	05/03/2018 08:40	0:05:00
05/03/2018 08:40	Moldeo de espécimen A-3	05/03/2018 08:45	0:05:00
05/03/2018 08:45	Moldeo de espécimen A-4	05/03/2018 08:50	0:05:00



Figura 64 Moldeo de Especímenes

Fuente: Elaboración propia

Iniciamos desmoldado de especímenes pasadas las 23 Horas para posterior iniciar el curado acelerado según el siguiente

Tabla 12 Información de moldeo de los especímenes

Fuente: Elaboración propia

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
06/03/2018 07:30	Desmolde de espécimen A-1	06/03/2018 07:35	0:05:00
06/03/2018 07:35	Desmolde de espécimen A-2	06/03/2018 07:40	0:05:00
06/03/2018 07:40	Desmolde de espécimen A-3	06/03/2018 07:45	0:05:00
06/03/2018 07:45	Desmolde de espécimen A-4	06/03/2018 07:50	0:05:00



Figura 65 Desmolde de Especímenes

Fuente: Elaboración propia

Iniciamos el ensayo del Curado Acelerado y Método Procedimiento De Curado En Agua Hirviendo. Curado Acelerado mediante agua hirviendo durante 3.5h +- 5min. Durante el proceso el Agua debería ya estar Hirviendo.

Tabla 13 Información de procedimiento del Curado acelerado

Fuente: Elaboración propia

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA FINAL (min)
06/03/2018 08:10	Inicio de Ensayo espécimen A-1	06/03/2018 11:40
06/03/2018 08:15	Inicio de Ensayo espécimen A-2	06/03/2018 11:45
06/03/2018 08:20	Inicio de Ensayo espécimen A-3	06/03/2018 11:50
06/03/2018 08:25	Inicio de Ensayo espécimen A-4	06/03/2018 11:55



Figura 66 Ingreso de Especímenes al agua Hirviendo

Fuente: Elaboración propia

Se observó evaporación durante la realización de los ensayos de curado acelerado provenientes del interior del tanque de curado.



Figura 67 Evaporización durante el ensayo de agua Hirviendo de especímenes

Fuente: Elaboración propia

Se llevó un control del nivel del agua, y se obtuvo un promedio de evaporación de 0.1 L/min, por lo que se optó reemplazar el agua evaporada utilizando un

hervidor (2.5 litros), para evitar bajar la temperatura el agua durante el ensayo. (Se recomienda cada Hora reponer con 2.5 litros de agua hirviendo).

La norma 339.213 al determinar que el nivel del agua mínimo sobre una probeta que está siendo curada aceleradamente debe ser de 05 cm recomienda además, que la distancia entre probetas que están siendo curadas debe ser como mínimo de 10cm y la distancia entre la pared interna del tanque de curado y la probeta debe ser como mínimo de 5cm.

La distancia entre el fondo de la probeta y el fondo del tanque de curado acelerado deberá ser como mínimo de 7.5cm para permitir un flujo natural del agua.

La norma 339.213, no especifica cada cuanto ensayo, ni como se debe cambiar el agua utilizada para el curado, pero en nuestro caso hemos cambiado el agua cada dos ensayos acelerados, haciendo uso de una grifería en la parte Izquierda del tanque que se conecta con una manguera, para el drenaje (Figura 64).



Figura 68 Vista del lugar del Curado Acelerado, y la instalación de la Grifería y el drenaje

Fuente: Elaboración propia

Sacamos los especímenes del agua Hirviendo después de 3.5h, para posteriormente dejarlos enfriar y empezar el Capping, Según la siguiente:

Tabla 14 Listado de procedimiento para extracción de especímenes

PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
Inicio de Ensayo espécimen A-1	06/03/2018 11:40	3:30:00
Inicio de Ensayo espécimen A-2	06/03/2018 11:45	3:30:00
Inicio de Ensayo espécimen A-3	06/03/2018 11:50	3:30:00
Inicio de Ensayo espécimen A-4	06/03/2018 11:55	3:30:00

Fuente: Elaboración propia



Figura 69 Sacamos los especímenes del agua Hirviendo después de 3.5h

Fuente: Elaboración propia

4.3 Capeo de Especímenes

Esta preparación de un mortero de azufre y cemento de las bases conocido como Cabeceo de los especímenes para lograr el paralelismo entre las caras para su prueba

A. Material de coronación:

Azufre: El azufre es un mineral muy abundante en zonas volcánicas, además su capacidad de enfriamiento es muy rápida, lo cual se puede obtener resistencias muy altas en lapsos muy cortos de tiempo. También el azufre es un mineral que es muy resistente a la corrosión al medio ácido y salino y tiene una alta resistividad eléctrica.



Figura 70 Vista de 200 Gramos de cemento portland

Fuente: Elaboración propia

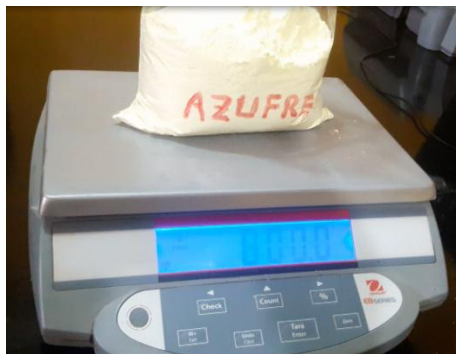


Figura 71 Vista de 800 gramos de azufre

Fuente: Elaboración propia



Figura 72 El capeador, recipiente y cuchar mezcladora

Fuente: Elaboración propia

B. Preparación:



Figura 73 Verter y mezclar el azufre con el cemento en un recipiente.

Fuente: Elaboración propia



Figura 74 Calentar el azufre a mediante flama hasta fundirlo, siempre agitándolo constantemente.

Fuente: Elaboración propia



Figura 75 Posteriormente verter en Capeador

Fuente: Elaboración propia



Figura 76 Luego colocar el espécimen para coronar o cabecear el espécimen en ambos lados con un grosor de 3 a 5 mm.

Fuente: Elaboración propia

Reutilización del azufre: Se puede usar el mismo azufre para cabeceo un máximo de 10 veces para disminuir al mínimo la pérdida de resistencia y la fluidez ocasionada por la contaminación de aceites u otras desperdicios, Según el siguiente Tabla 15.

Tabla 15 Lista de Procedimiento el capeo

Fuente: Elaboración propia

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
06/03/2018 12:30	Capeado de espécimen A-1	06/03/2018 12:35	0:05:00
06/03/2018 12:35	Capeado de espécimen A-2	06/03/2018 12:40	0:05:00
06/03/2018 12:40	Capeado de espécimen A-3	06/03/2018 12:45	0:05:00
06/03/2018 12:45	Capeado de espécimen A-4	06/03/2018 12:50	0:05:00



Figura 77 Capeado especímenes

Fuente: Elaboración propia

4.2 Rotura de especímenes de concreto

La rotura de todas los especímenes se realizó en la máquina de ensayo a compresión, todas los especímenes fueron capeadas con un mortero de azufre (ver Figura 78.). Según el siguiente Tabla N°16

Tabla 16 Procedimiento para rotura de especímenes

Fuente: Elaboración propia

HORA INICIO	DE	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
06/03/2018 13:00		Rotura de espécimen A-1	06/03/2018 13:05	0:05:00
06/03/2018 13:05		Rotura de espécimen A-2	06/03/2018 13:10	0:05:00
06/03/2018 13:10		Rotura de espécimen A-3	06/03/2018 13:15	0:05:00
06/03/2018 13:15		Rotura de espécimen A-4	06/03/2018 13:20	0:05:00



Figura 78 Resistencia espécimen A-1.

Fuente: Elaboración propia



Figura 79 Resistencia espécimen A-2.



Figura 80 Resistencia espécimen A-3.



Figura 81 Resistencia espécimen A-4.

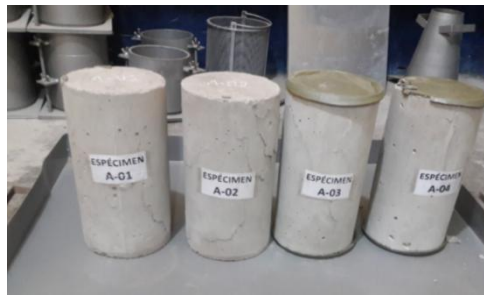


Figura 82 Muestra de Especímenes después de la rotura

Fuente: Elaboración propia

4.4 Resultados de especímenes de concreto

A continuación se presenta En la Tabla 17. Donde se observa un horario típico con la secuencia de todas las tareas a realizadas en el laboratorio.

T

MUESTRA A-1

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
05/03/2018 08:30	Moldeo de espécimen	05/03/2018 08:35	0:05:00
06/03/2018 07:30	Desmolde de espécimen	06/03/2018 07:35	0:05:00
06/03/2018 08:10	Fin Ensayo Curado acelerado	06/03/2018 11:40	3:30:00
06/03/2018 12:30	Capeado de espécimen	06/03/2018 12:35	0:05:00
06/03/2018 13:00	Rotura de espécimen	06/03/2018 13:05	0:05:00

MUESTRA A-2

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
05/03/2018 08:35	Moldeo de espécimen	05/03/2018 08:40	0:05:00
06/03/2018 07:35	Desmolde de espécimen	06/03/2018 07:40	0:05:00
06/03/2018 08:15	Fin Ensayo Curado acelerado	06/03/2018 11:45	3:30:00
06/03/2018 12:35	Capeado de espécimen	06/03/2018 12:40	0:05:00
06/03/2018 13:05	Rotura de espécimen	06/03/2018 13:10	0:05:00

MUESTRA A-3

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
05/03/2018 08:40	Moldeo de espécimen	05/03/2018 08:45	0:05:00
06/03/2018 07:40	Desmolde de espécimen	06/03/2018 07:45	0:05:00
06/03/2018 08:20	Fin Ensayo Curado acelerado	06/03/2018 11:50	3:30:00
06/03/2018 12:40	Capeado de espécimen	06/03/2018 12:45	0:05:00
06/03/2018 13:10	Rotura de espécimen	06/03/2018 13:15	0:05:00

MUESTRA A-4

HORA DE INICIO	PROCEDIMIENTO	HORA DEL FINAL	LAPSO (min)
05/03/2018 08:45	Moldeo de espécimen	05/03/2018 08:50	0:05:00
06/03/2018 07:45	Desmolde de espécimen	06/03/2018 07:50	0:05:00
06/03/2018 08:25	Fin Ensayo Curado acelerado	06/03/2018 11:55	3:30:00
06/03/2018 12:45	Capeado de espécimen	06/03/2018 12:50	0:05:00
06/03/2018 13:15	Rotura de espécimen	06/03/2018 13:20	0:05:00

CAPÍTULO V

5. MÉTODOS DE ENSAYO CURADO ESTÁNDAR

5.1. Probetas para ensayo estándar

Después de las 09 probetas se colocaran en la poza de curado estándar (ver Figura 83).

Mostramos el procedimiento para el ensayo



Figura 83 Etiquetado de Especímenes

Fuente: Elaboración propia



Figura 84 Etiquetado de Especímenes.

Fuente: Elaboración propia



Figura 85 Preparando Especímenes ingreso a poza de curado

Fuente: Elaboración propia



Figura 86 Ingreso de Especímenes para curado.

Fuente: Elaboración propia

5.1 Procedimientos de Rotura de Especímenes para ensayo estándar 7 Días.

Procedimiento y Resultado De Resistencia A Los 7 Días Que Corresponde Al 65 % De La Resistencia Específica, ensayo a especímenes B-1, B-2, B-3.



Figura 87 Capeado de especímenes 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Fecha y hora de capeo y rotura a los 07 día.

Fuente: Elaboración propia

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHA DEL MOLDEO	EDAD (días)	SLUMP (pulg.)	HORA CAPEO (hh.mm.ss)	FECHA Y HORA de Rotura
B-01	Diseño de Concreto	05/03/2018 08:50	7	4"	08:30:00Am	12/03/2018 08:50
B-02	Hidráulico, Fc= 210 Kgf/cm ²	05/03/2018 08:52	7	4"	08:35:00Am	12/03/2018 08:52
B-03		05/03/2018 08:54	7	4"	08:40:00Am	12/03/2018 08:54



Figura 88 Preparando para rotura de espécimen B-1

Fuente: Elaboración propia



Figura 89 Dato de rotura de espécimen B-1

Fuente: Elaboración propia



Figura 90 Preparando para rotura de espécimen B-2

Fuente: Elaboración propia



Figura 91 Dato de rotura de espécimen B-2

Fuente: Elaboración propia



Figura 92 Preparando para rotura de espécimen B-3

Fuente: Elaboración propia



Figura 93 Dato de rotura de espécimen B-3

Fuente: Elaboración propia



Figura 94 Vista de rotura de espécimen B-1, B-2, B-3 ³Rotura Columnar

Fuente: Elaboración propia

5.2. Procedimientos de Rotura de Especímenes para ensayo estándar 14 Días.

Resultado de Rotura de especímenes ensayo Estándar 07 días.

Procedimiento y Resultado De Resistencia A Los 14 Días Que Corresponde Al 90 % De La Resistencia Específica, ensayo a especímenes B-4, B-5, B-6.



Figura 95 Capeado de especímenes 14 días.

Fuente: Elaboración propia

³ APÉNDICE 4. Resultados de Rotura de Especímenes ensayo Estándar 07 Días.

Tabla 19 Fecha y hora de capeo y rotura a los 14 días.
Fuente: Elaboración propia

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHA DEL MOLDEO	EDAD (días)	SLUMP (pulg.)	HORA CAPEO (hh.mm.ss)	FECHA Y HORA de Rotura
B-04	Diseño de Concreto	05/03/2018 08:56	14	4"	08:40:00Am	19/03/2018 08:56
B-05	Hidráulico, Fc= 210 KgF/cm ²	05/03/2018 08:58	14	4"	08:45:00Am	19/03/2018 08:58
B-06		05/03/2018 09:00	14	4"	08:50:00Am	19/03/2018 09:00



Figura 96 Preparando para rotura de espécimen B-4

Fuente: Elaboración propia



Figura 97 Dato de rotura de espécimen B-4

Fuente: Elaboración propia



Figura 98 Preparando para rotura de espécimen B-5

Fuente: Elaboración propia



Figura 99 Dato de rotura de espécimen B-5

Fuente: Elaboración propia



Figura 100 Preparando para rotura de espécimen B-6

Fuente: Elaboración propia



Figura 101 Dato de rotura de espécimen B-6

Fuente: Elaboración propia



Figura 102 Vista de rotura de espécimen B-4, B-5, B-6⁴ Rotura Columnar

Fuente: Elaboración propia

5.3 Procedimientos de Rotura de Especímenes para ensayo estándar 28 Días

Procedimiento y Resultado De Resistencia A Los 28 Días Que Corresponde Al 100 % De La Resistencia Específica, ensayo a especímenes B-7, B-8, B-9.



Figura 103 Capeado de especímenes 28 días.

Fuente: Elaboración propia

⁴ APÉNDICE 5. Resultados de Rotura de Especímenes ensayo Estándar 14 Días.

Tabla 20 Fecha y hora de capeo y rotura a los 28 días.
Fuente: Elaboración propia

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHA DEL MOLDEO	EDAD (días)	SLUMP (pulg.)	HORA CAPEO (hh.mm.ss)	FECHA Y HORA de Rotura
B-07	Diseño de Concreto	05/03/2018 09:02	28	4"	08:45:00Am	02/04/2018 09:02
B-08	Hidráulico, Fc= 210 Kgf/cm ²	05/03/2018 09:04	28	4"	08:50:00Am	02/04/2018 09:04
B-09		05/03/2018 09:06	28	4"	08:55:00Am	02/04/2018 09:06



Figura 104 Preparando para rotura de espécimen B-7.

Fuente: Elaboración propia



Figura 105 Dato de rotura de espécimen B-7

Fuente: Elaboración propia



Figura 106 Preparando para rotura de espécimen B-8

Fuente: Elaboración propia



Figura 107 Dato de rotura de espécimen B-8

Fuente: Elaboración propia



Figura 108 Preparando para rotura de espécimen B-9

Fuente: Elaboración propia



Figura 109 Dato de rotura de espécimen B-9

Fuente: Elaboración propia



Figura 110 Vista de rotura de espécimen B-7, B-8, B-9.⁵ Rotura Columnar y Cónica.

Fuente: Elaboración propia

⁵ APÉNDICE 6. Datos de Rotura de Especímenes ensayo Estándar 28 Días.

CAPÍTULO VI

6. MÉTODO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS SEGÚN LA NORMA NTP 339.213

6.1 Método de recolección de datos

La recolección de datos se realiza de manera sistemática y siguiendo las recomendaciones de las normas con la finalidad de contar con un registro de los valores como son: temperatura, resistencia a la compresión, SLUMP y rendimiento de la mezcla.

6.1.1 Temperatura

La medición de temperatura en el tanque se realiza de manera continua utilizando el pirómetro, el cual es programado para mantener la temperatura ligeramente por encima de los 100°C, asegurando que el agua se encuentre constantemente hirviendo; aun así, es recomendable realizar una inspección visual con el fin de asegurar que el agua se encuentre en estas condiciones además de verificar que los especímenes se encuentren totalmente sumergidos. La norma 339.213 no especifica cada cuanto debe realizarse la inspección visual, pero se ha visto conveniente que se realice cada 30 min, con lo cual se generan un total de ocho (8) registros de temperatura para un solo ensayo de curado acelerado.

La temperatura también es medida en los especímenes una (1) hora después de haber salido del tanque de curado acelerado (ver Figura 111), esta medida se realiza una (1) sola vez y es tomada utilizando un termómetro digital el cual es colocado en la superficie del concreto.

Se recuerda que según la norma NTP 339.213, no se exige la medición de la temperatura de los especímenes al momento del ensayo, sin embargo esto se ha realizado con el fin de tener más datos para alguna futura investigación.

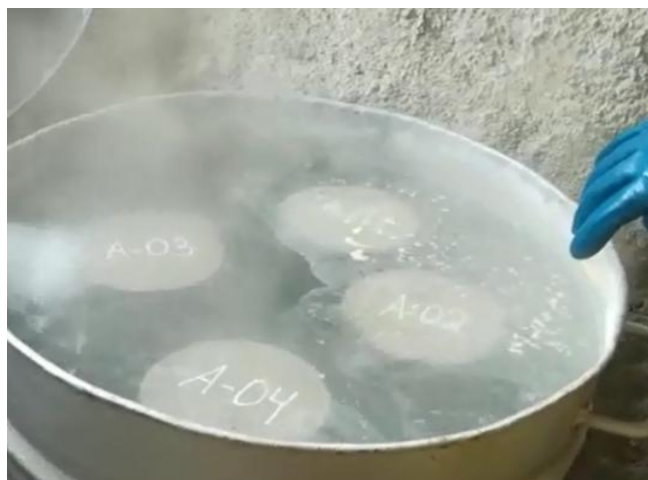


Figura 111 Verificar hervor de especímenes durante al ensayo.

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto fue medida a través de la medida del SLUMP (ver Figura 112), para lo cual se utilizó el cono de Abrams. Esta medición se realizó para cada relación agua-cemento y para cada tanda preparada de concreto. Es importante controlar la trabajabilidad del concreto, ya que nos puede ayudar a determinar algún cambio en las propiedades de los materiales y realizar las correcciones pertinentes.



Figura 112 Medición de SLUMP.

Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la característica más importante a medir en el concreto. Se determina como la máxima carga axial soportada por un espécimen hasta que falla, dividida entre el área de la sección transversal de la probeta.

En el presente trabajo, para la medición de la resistencia a compresión del concreto (ver Figura 113), se han elaborado probetas cilíndricas con medidas estándar de seis (6) pulgadas de radio y doce (12) pulgadas de longitud. Según los requerimientos de la norma NTP 339.213, explicados en el acápite 3.2.2, se realizaron en total trece (13) relaciones agua-cemento. Probetas de 6"x12" (Nueves probetas fueron curadas mediante un curado estándar hasta los 28 días y las Cuatro restantes se les aplicó el curado acelerado).



Figura 113 Medición de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia



Figura 114 Mezcladora de 11hp en el laboratorio previo a realizar una determinada relación agua-cemento

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

1.1 Operacionalización de variables

1.1.1 Variables

A. Variable dependiente

Resistencia a la compresión de concreto de $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.

B. Variable independiente

Ensayo Curado estándar de resistencia final de 28 días

Tabla 21 Operacionalización de la Variable dependiente
Elaboración: Propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND
Dependiente: Resistencia a la compresión de concreto de $F'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$.	La resistencia a la Compresión es la característica mecánica principal del concreto, la forma de evaluar esta resistencia es mediante pruebas mecánicas que pueden ser destructivas, para lo cual se toman muestras y se hacen especímenes para fallar. (NTP 339.034)	Característica mecánica de los Agregados	Análisis Granulométrico	%
			Módulo de Fineza	%
			Humedad de los agregados	%
			Gravedad Específica	-
			Absorción	%
		Diseño de Mezcla	Método Walker	Unid.
			Control SLUMP	Pulga.
		Rotura de Concreto	Curado de especímenes	Días
			Capeo de Especímenes	Unid.
			Resistencia a la compresión Axial	kgf/cm^2

Tabla 22 Operacionalización de la Variable Independiente.
Fuente: Elaboración Propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND
Independiente: Métodos de ensayo para conocer la resistencia del concreto $F'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$. Curado estándar de resistencia final de 28 días).	Un método de ensayo, es un procedimiento definitivo que produce un resultado de prueba. Una prueba puede ser considerada como operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de un determinado espécimen.	Curado estándar de resistencia a 07,14 y 28 días).	Relación Agua cemento	Unid.
			Método de curado	Unid.
			capeo de Especímenes	Unid.
			Rotura de concreto	kgf/cm^2
			Resistencia a la compresión Axial a 07 Días	kgf/cm^2
			Resistencia a la compresión Axial a 14 Días	kgf/cm^2
			Resistencia a la compresión Axial a 28 Días	kgf/cm^2

1.2 Diseño de investigación

Experimental

1.3 Unidad de estudio

Especímenes de concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ curado acelerado y Especímenes de concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ curado Estándar

1.4 Población

Trece (13) Especímenes de concreto $F_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. (04 Especímenes mediante curado acelerado y 09 Especímenes para curado Estándar)

1.5 Muestra (muestreo o selección)

La investigación se limitará a la obtención de Trece (13) especímenes de concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. (04 Especímenes mediante curado acelerado y 09 Especímenes para curado Estándar); Los que serán evaluados a la compresión axial.

La muestra seleccionada por este método intenta ser representativa bajo los criterios dictados por el Instituto Americano de Concreto (ACI),

Los 04 Especímenes mediante curado acelerado se ensayó su rotura a los 28 y 1/2 Horas \pm 5 Minutos, previa explicación y detalle del método Regulado según norma NTP 339.213, año 2015.

Los 09 Especímenes para curado Estándar se irán evaluando de la siguiente Forma:

- 03 Especímenes se evalúan su resistencia a la compresión a los 07 días.
- 03 Especímenes se evalúan su resistencia a la compresión a los 14 días.
- 03 Especímenes se evalúan su resistencia a la compresión a los 28 días.

1.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

De recolección de información

- Revisión del material Bibliográfico.
- NORMA TÉCNICA NTP 339.213, PERUANA 2015, Dirección de Normalización – INACAL, Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27) Lima, Perú.
- Muestreo y características de cantera Saavedra la Llica.
- Diseño según el Método Walker.

De análisis de información

Para la confiabilidad de los instrumentos se tendrá en cuenta la autorización de funcionamiento del laboratorio y se seguirá los procedimientos acorde con las normas técnicas ASTM, NTP y reglamentos vigentes.

El método de análisis de datos será descriptivo y a la vez ligado con la hipótesis planteada.

1.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

El concreto es un material heterogéneo constituido principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino, grueso.

El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo.

El denominado Método WALKER se desarrolla debido a la preocupación del profesor norteamericano Stanton Walker en relación con el hecho de que, sea cual fuera la resistencia de diseño del concreto y por tanto su relación agua/cemento, contenido de cemento y características del agregado fino, la cantidad de agregado grueso era la misma.

Los parámetros para el diseño se explican en 3.2.2 Diseño de mezcla.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Cálculos y resultados:

Se deberán totalizar las masas de todas las porciones retenidas en cada tamiz y usar dichos totales para calcular el porcentaje. Sin tolerancias para método de prueba.

NORMA MTC E 204, ASTM C 136, AASHTO T 27

Tabla 23 Parámetros Curva Granulométrica del agregado grueso
Fuente: Elaboración Propia

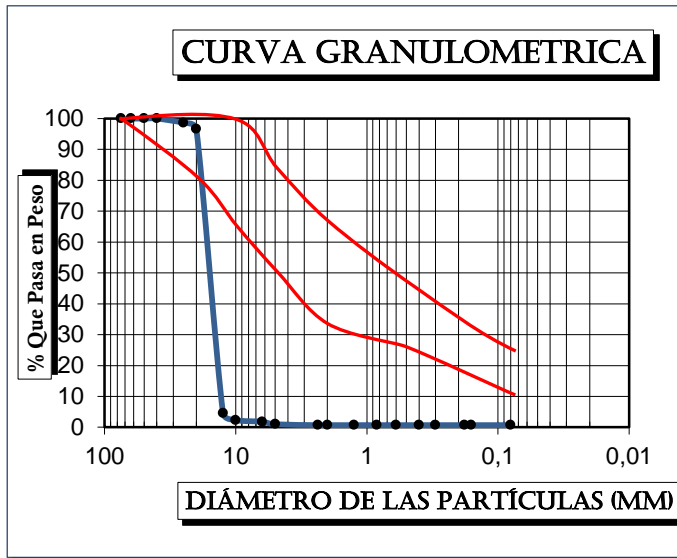
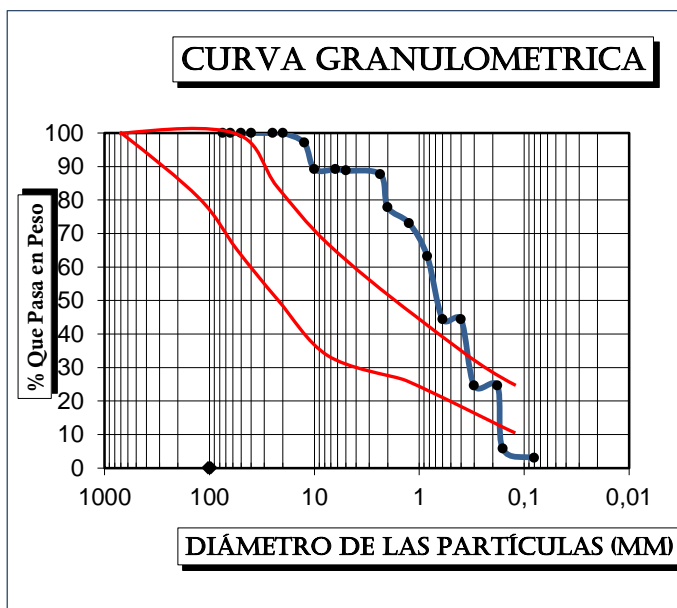


Tabla 24 Parámetros Curva Granulométrica del agregado Fino
Fuente: Elaboración propia



ANALISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO POR TAMIZADO ASTM C-136 ⁶

Tabla 25 *Huso granulométrico para agregado grueso procedente de cantera Saavedra (LLica)*

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM C-136						
Peso de la muestra + Tara(gr)		=	9055			
Tamices		Suelo Retenido (gr)	% Retenido	% Que Pasa	Especificaciones para Base	
nro	mm					
3"	75	0.00	0.00	100.00%		
2 1/2"	63	0.00	0.00	100.00%		
2"	50	0.00	0.00	100.00%	100.00	100.00
1 1/2"	40	0.00	0.00%	100.00%	95.00	100.00
1"	25	120.00	1.39%	98.61%		
3/4"	20	170.00	1.97%	96.63%	35.00	70.00
1/2"	12.5	7930.00	92.05%	4.59%		
3/8"	10	195.00	2.26%	2.32%	10.00	30.00
1/4"	6.3	45.00	0.52%	1.80%	0.00	5.00
No 4	5	70.00	0.81%	0.99%		
No 8	2.36	25.00	0.29%	0.70%		
No 10	2	0.00	0.00%	0.70%		
No 16	1.25	0.00	0.00%	0.70%		
No 20	0.84	0.00	0.00%	0.70%		
No 30	0.6	0.00	0.00%	0.70%		
No 40	0.4	0.00	0.00%	0.70%		
No 50	0.3	0.00	0.00%	0.70%		
No 80	0.18	0.00	0.00%	0.70%		
No 100	0.160	0.00	0.00%	0.70%		
No 200	0.080	0.00	0.00%	0.70%		
Fondo	fondo	60.00	0.70%	0.00%		
		8615.00	100.00%			

⁶ APÉNDICE 7. Agregado grueso cálculos de Humedad AASHTO T 265 ASTM D 2216, Límites De Atterberg ASTM D 4318, y Porcentaje de Módulo de Finura, análisis granulométrico por tamizado ASTM C-136 y Curva Granulométrica según norma MTC E 204, ASTM C 136, AASHTO T 27.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO POR TAMIZADO ASTM C-136 ⁷

Tabla 26 *Huso granulométrico para agregado fino procedente de cantera Saavedra (LLica)*

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C-136							
Peso de la muestra +Tara (gr)		949					
Tamices		Suelo Retenido (gr)	% Retenido	% Acum.	% Que Pasa	Especificaciones para Base	
nro	mm						
3"	75	0.00	0.00	0.00	100.00%		
2 1/2"	63	0.00	0.00	0.00	100.00%		
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00%		
1 1/2"	40	0.00	0.00%	0.00	100.00%		
1"	25	0.00	0.00%	0.00	100.00%		
3/4"	20	0.00	0.00%	0.00	100.00%		
1/2"	12.5	15.00	2.96%	2.96	97.04%		
3/8"	10	40.00	7.89%	10.85	89.15%	100.00	100.00
1/4"	6.3	0.00	0.00%	10.85	89.15%		
No 4	5	2.00	0.39%	11.24	88.76%	95.00	100.00
No 8	2.36	5.50	1.08%	12.32	87.68%	80.00	100.00
No 10	2	50.00	9.86%	22.18	77.82%		
No 16	1.25	24.10	4.75%	26.94	73.06%	50.00	85.00
No 20	0.84	50.00	9.86%	36.80	63.20%		
No 30	0.6	95.50	18.83%	55.63	44.37%	25.00	60.00
No 40	0.4	0.00	0.00%	55.63	44.37%		
No 50	0.3	100.30	19.78%	75.41	24.59%	10.00	30.00
No 80	0.18	0.00	0.00%	75.41	24.59%		
No 100	0.160	95.70	18.87%	94.28	5.72%	2.00	10.00
No 200	0.080	14.00	2.76%	97.04	2.96%		
Fondo	fondo	15.00	2.96%	100.00	0.00%		
		507.10	100.00 %				

⁷ APÉNDICE 8. Agregado grueso cálculos de Humedad AASHTO T 265 ASTM D 2216, Límites De Atterberg ASTM D 4318, y Porcentaje de Modulo de Finura, análisis granulométrico por tamizado ASTM C-136 y Curva Granulométrica según norma MTC E 204, ASTM C 136, AASHTO T 27.

RESULTADO DE MÓDULO DE FINEZA

Tabla 27 Resumen de resultados agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

Módulo de Finura (%)	5.23
-----------------------------	------

Tabla 28 Resumen de resultados agregado Fino

Fuente: Elaboración propia

Módulo de Finura (%)	2.76
-----------------------------	------

RESULTADOS CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Datos y resultados de Humedad

Verificamos a continuación los datos de Humedad del agregado fino y grueso en las siguientes tablas.

Tabla 29 Contenido de Humedad del agregado Grueso

Fuente: Elaboración propia

CONTENIDO DE HUMEDAD AASHTO T 265 ASTM D 2216	
Peso del Agua	2.4
Peso Suelo H. + Cápsula/Tara (gr)	1268
Peso Suelo S. + Cápsula/Tara (gr)	1255
Peso Cápsula/Tara (gr)	0
% de humedad	1.036%

Tabla 30 Contenido de Humedad del agregado Fino.

Fuente: Elaboración propia

CONTENIDO DE HUMEDAD AASHTO T 265 ASTM D 2216	
Peso del Agua	68
Peso Suelo H. + Cápsula/Tara (gr)	838
Peso Suelo S. + Cápsula/Tara (gr)	813
Peso Cápsula/Tara (gr)	0
% de humedad	3.01%

RESULTADOS GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINOS ASTM C-128

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 31 Resultado gravedad específica y absorción de agregado finos
Fuente: Elaboración propia

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINOS ASTM C-128	
Masa de la muestra (gr)	490.00
Masa del Picnómetro + agua (gr)	495.06
Masa picnómetro + muestra + agua (gr)	800.32
Masa Muestra seca (gr)	454.81
Peso específico de la Masa	2.64
Gravedad específica Aparente	2.54
Absorción (%)	1.50

Tabla 32 Resultado gravedad específica y absorción de agregado Grueso.⁸
Fuente: Elaboración propia

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO ASTM C-128	
Peso inicial (gr)	2600.00
Peso saturada y superficialmente seca AIRE (gr)	1996.90
Peso saturada y superficialmente seca AGUA (gr)	1996.50
Peso saturada y superficialmente seca SECO (gr)	3020.00
Gravedad específica Aparente	1.54
Peso específico de la Masa	2.51
Absorción (%)	0.61

RESULTADO DE ROTURA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO ESTÁNDAR

Inicialmente se procedió a determinar la resistencia a la compresión f'_c de cada probeta individualmente, este análisis se realizó utilizando la carga total (kilogramos) soportada por la probeta hasta la falla, dividida entre el área de la sección circular transversal de la probeta (cm^2).

El área de la sección transversal de la probeta es calculada con el diámetro promedio. Se obtuvo así el valor de resistencia a la compresión f'_c por cada probeta.

A continuación verificamos Resumen de los resultados.

⁸ APÉNDICE 9. Calculo de Gravedad específica y absorción de agregados grueso y Fino

Tabla 33 Resumen de los resultados Ensayo Estándar

Fuente: Elaboración Propia

ESPECÍMEN 07 DÍAS 65 %

MUESTRA	CARGA ROT. (kg)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	R. E. al 65 % (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA (%)
MUESTRA B-1	30149.5	176.71	170.62	136.5	124.99
MUESTRA B-2	29906.9	176.71	169.24	136.5	123.99
MUESTRA B-3	25370.0	176.71	143.57	136.5	105.18
Promedio Específico					118.05%

ESPECÍMEN 14 DÍAS 90%

MUESTRA	CARGA ROT. (kg)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	R. E. al 90 % (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA (%)
MUESTRA B-4	38812.0	176.71	219.64	189	116.21
MUESTRA B-5	39681.0	176.71	224.55	189	118.81
MUESTRA B-6	39952.9	176.71	226.09	189	119.63
Promedio Específico					118.22%

ESPECÍMEN 28 DÍAS 100%

MUESTRA	CARGA ROT. (g)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	R. E. al 100 % (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA (%)
MUESTRA B-7	42283.9	176.71	239.28	210	113.94
MUESTRA B-8	44471.7	176.71	251.66	210	119.84
MUESTRA B-9	44753.5	176.71	253.26	210	120.60
Promedio Específico					118.13%

RESULTADOS DE ROTURA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO ACELERADO

En la Tabla 34 Se muestra en la última columna el valor de la resistencia en los especímenes sometida al aceleramiento, al momento del ensayo a compresión. A 28 y 1/2 Horas ± 5 Minutos al 100 %

Tabla 34 Valores de resistencias obtenidos Ensayo Acelerado

Fuente: Elaboración Propia

MUESTRA	CARGA (kg)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)	$f_{28} = 1.55_{acc} + 89.65Kg/cm^2$	R. ESPECÍFICA (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA (%)
MUESTRA A-1	19394.7	176.71	109.75	259.77	210	123.70
MUESTRA A-2	18022.5	176.71	101.99	247.73	210	117.97
MUESTRA A-3	18247.4	176.71	103.26	249.71	210	118.91
MUESTRA A-4	17092.0	176.71	96.72	239.57	210	114.08
Promedio Específico						118.66%

APLICACIÓN DE GRÁFICA SEGÚN NTP 339.213, AÑO 2015.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CURADO ACELERADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.

Habiendo calculado los promedios de resistencia a la compresión para cada tipo de curado (acelerado y estándar de 7,14 y 28 días) obtenemos las siguientes gráficas.

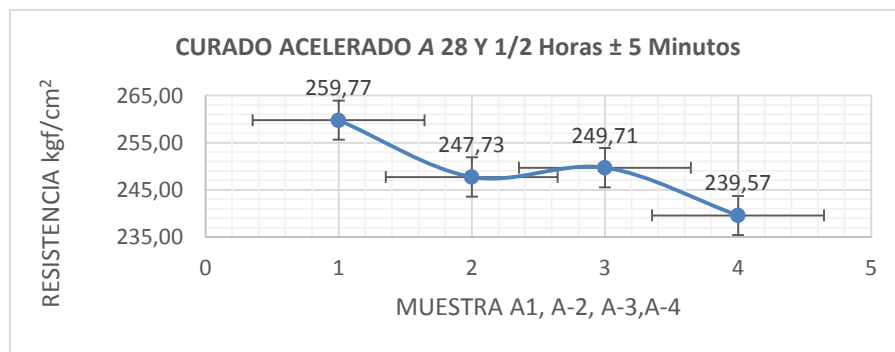


Figura 115 Curado Acelerado a 28 y 1/2 Horas ± 5 Minutos.

Fuente: Elaboración Propia

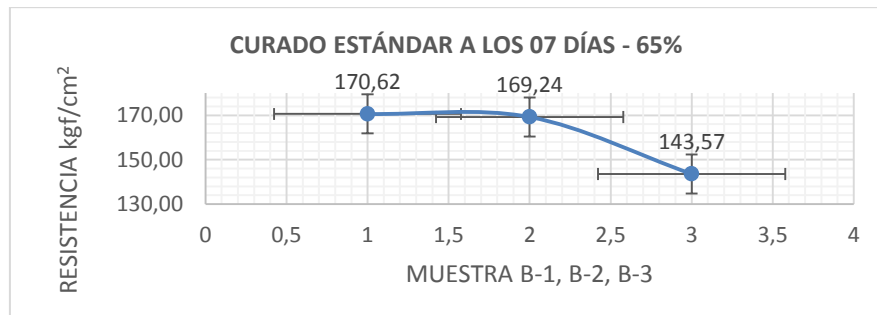


Figura 116 Curado Estándar a los 7 días – 65 % de resistencia.

Fuente: Elaboración Propia

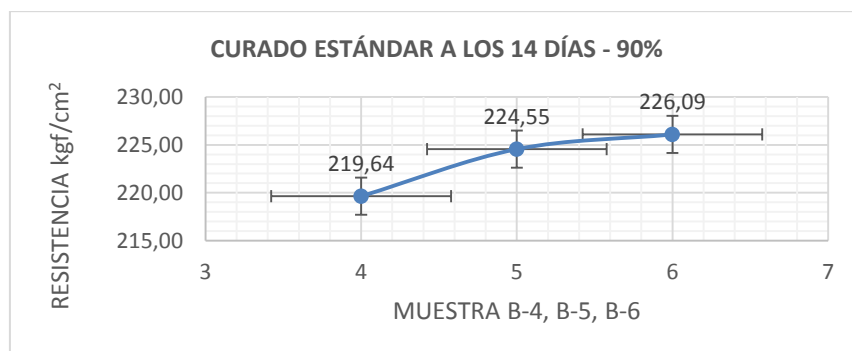


Figura 117 Curado Estándar a los 14 días – 90 % de resistencia.

Fuente: *Elaboración Propia*

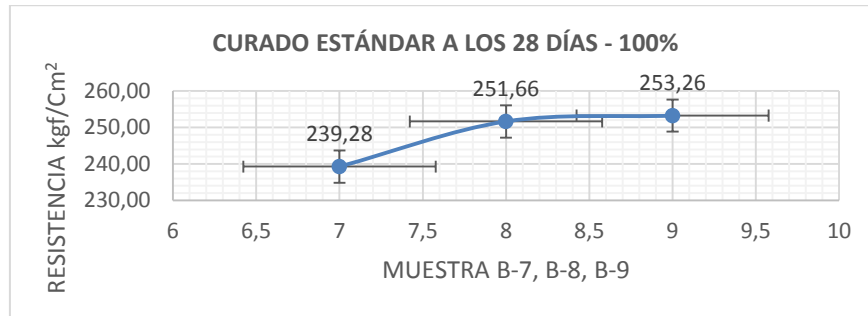


Figura 118 Curado Estándar a los 28 días – 100 % de resistencia

Fuente: *Elaboración Propia*

RESULTADOS Y PRESENTACIÓN EN CUADROS Y GRÁFICAS

A continuación se muestra el resultado de graficar los datos de la Figura 119, obteniendo el Gráfico siguiente.

Vale recordar, que el presente gráfico es solo válido para la cemento tipo I, piedra y arena de Cantera Saavedra (LLica), los valores de la gráfica son kg/cm².

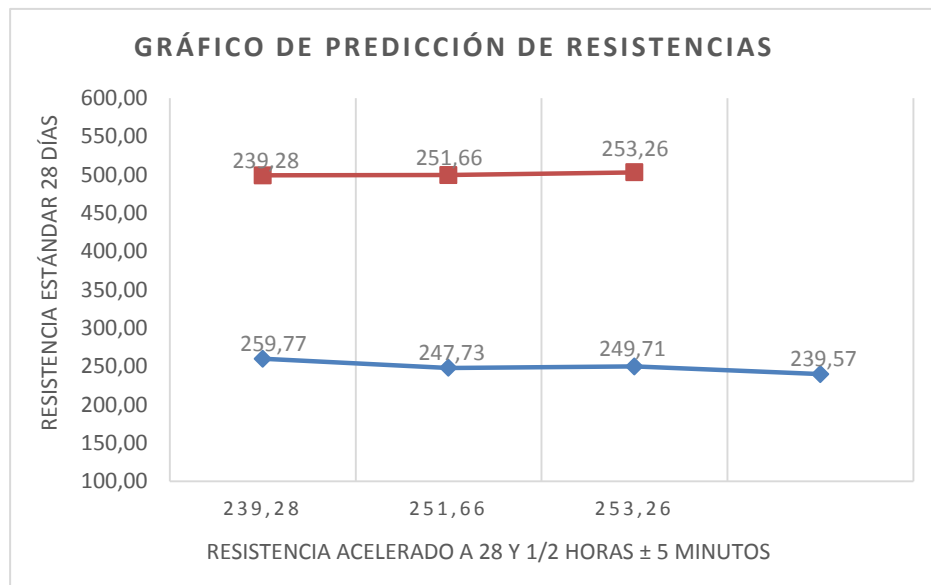


Figura 119 Gráfico de predicción de resistencias.

Fuente: *Elaboración Propia*

Se presenta a continuación el Gráfico 14. Donde se puede observar de manera conjunta los valores de resistencia a la compresión Estándar a 28 días.

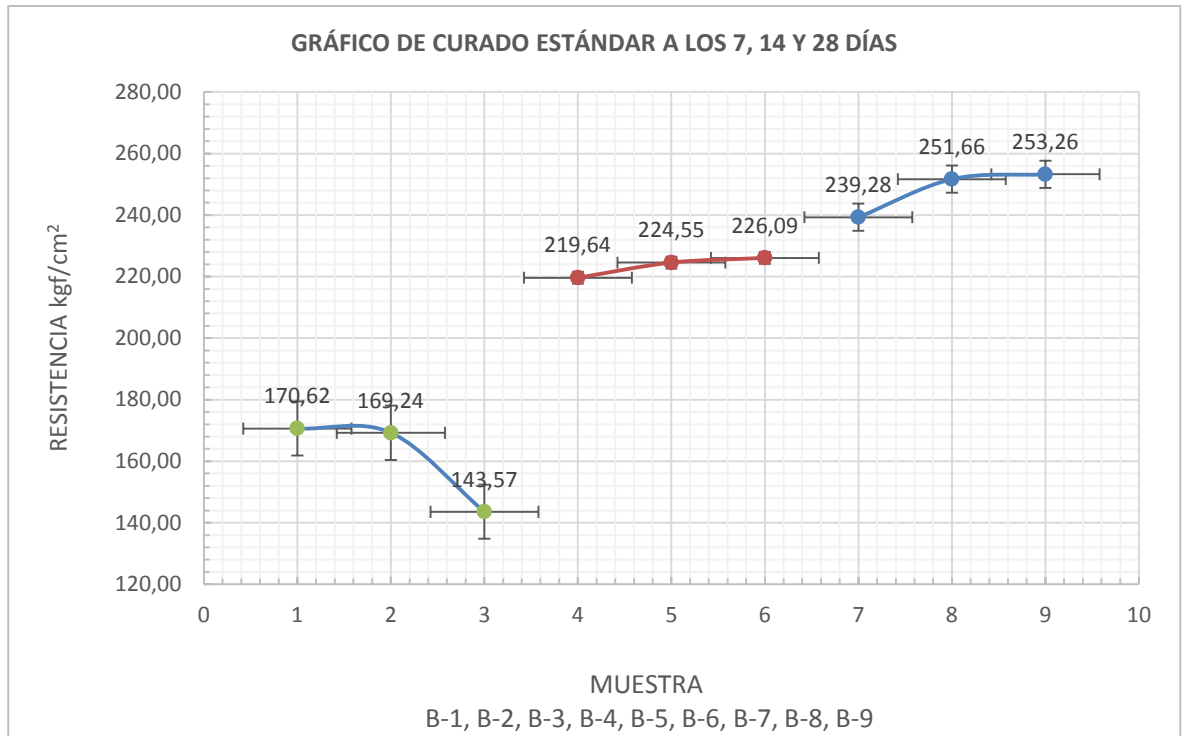


Figura 120 Gráfico resistencia a la compresión Estándar A 28 Días

Fuente: Elaboración Propia

APLICACIÓN DE LA GRÁFICA DE PREDICCIÓN Y COMPARACIÓN DE ENSAYOS ACELERADOS Y ENSAYOS ESTÁNDAR.

A continuación se realizará una aplicación de la gráfica de predicción y Comparación de ensayos acelerados y ensayos estándar ver Gráfico de figura 121 Para poder realizar esta comprobación tomamos los resultados de ambos ensayos y los comparamos.

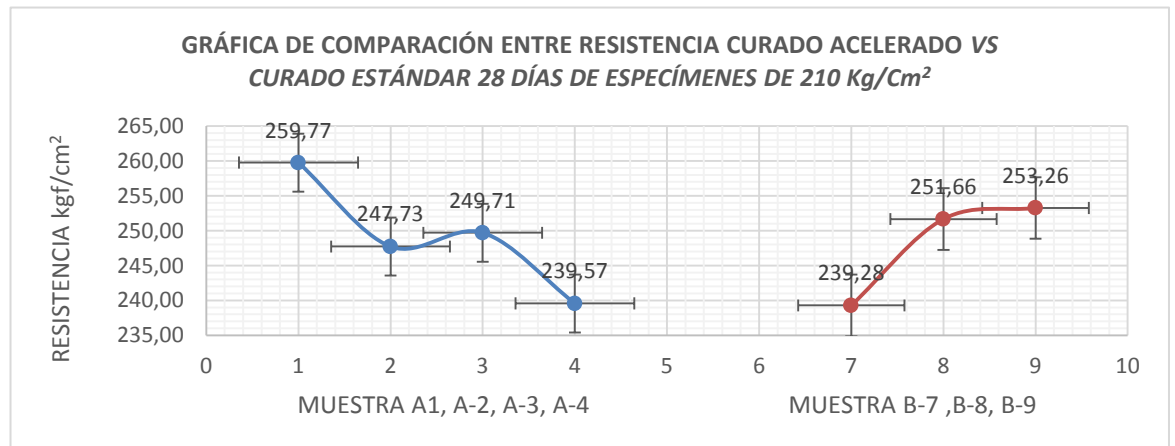


Figura 121 Predicción y Comparación de ensayos acelerados y ensayos estándar.

Fuente: Elaboración Propia

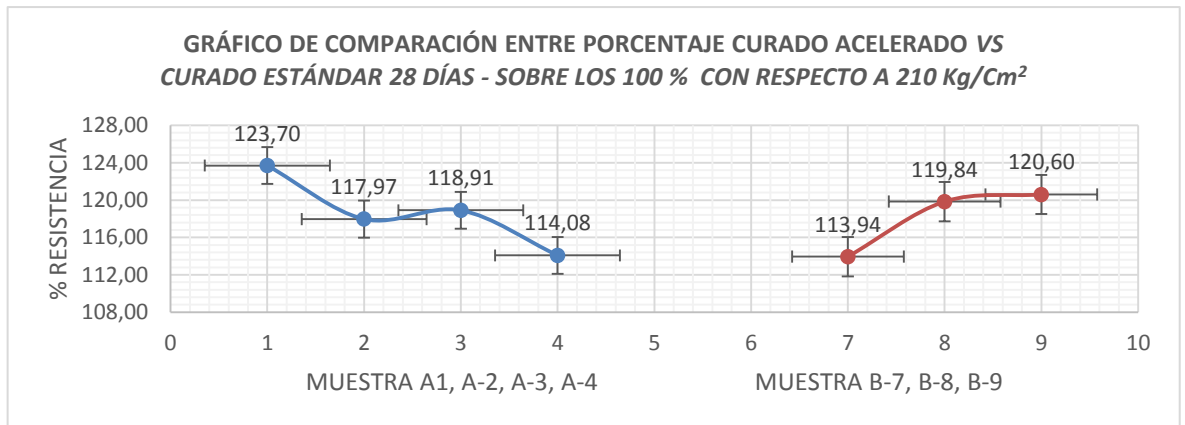


Figura 122 Comparación Entre Porcentaje Curado Acelerado Vs Curado Estándar 28 Días - Sobre Los 100% Con Respecto A 210 kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En el presente CAPÍTULO se comparan y analizan los resultados obtenidos a través de los diferentes ensayos realizados buscando sus interacciones y variaciones los cuales, expresados en cuadros y gráficos, nos proporcionarán datos suficientes para formular las conclusiones y recomendaciones.

- Se ha demostrado que los resultados son similares, tanto los resultados de compresión de especímenes de Curado Acelerado, los cuales comparamos y monitoreamos, como los resultados de compresión estándar de especímenes a los 7, 14 y 28 días obteniendo una similitud aproximada al 100 %.
- Los resultado obtenido de Promedio Especifico de Curado Acelerado es 118.66 % sobre los 100 % con respecto a 210 kgf/cm²; Mientras tanto el resultado obtenido de Promedio Especifico de Curado Estándar 28 días es 118.13 % sobre los 100% con respecto a 210 kgf/cm²;
- El costo total para la implementación del laboratorio de curado acelerado asciende a S/ 36 434.00 y se recuperará en 09 meses con un Tasa Interna de Retorno del 5%.
- Así mismo, como resultado del estudio de factibilidad se obtuvo el monto de S/ 36 434.00, inversión total que incluye equipos, herramientas y materiales que se necesitarán durante las pruebas mostrando la recuperación de la inversión en un periodo de tiempo de 09 meses con una TIR del 5 % y un VAN de S/ 12 175.00, por lo cual La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.⁹
- Esto representa un punto a favor pues permitirá utilizar insumos y materiales locales para elaborar una máquina de curado acelerado en el Perú.

⁹ Cálculo de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtuvieron en el presente trabajo son las siguientes:

- Logramos Probar el incremento de la resistencia a la compresión el efecto aplicando el ensayo de curado acelerado en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto, utilizando el método de la NTP 339.213, año 2015.
- Explicamos el efecto de la aplicación mediante el ensayo de curado acelerado de especímenes de concreto de la norma NTP 339.213 siendo muy útil y de fácil práctica lo que permite el ahorro en tiempo y costo al poder obtener valores de resistencia casi de manera instantánea.
- Demostramos que los resultados son similares, tanto en la compresión de especímenes de Curado Acelerado los cuales comparamos y monitoreamos con resultados de compresión estándar a los 7, 14 y 28 días teniendo una similitud aproximada al 100%; Por lo cual el resultado obtenido en el Promedio Especifico de Curado Acelerado es 118.66 % sobre los 100 % con respecto a 210 kgf/cm^2 ; mientras tanto, el resultado obtenido de Promedio Especifico de Curado Estándar 28 días es 118.13 % sobre los 100 % con respecto a 210 kgf/cm^2 .

RECOMENDACIONES

Aprovechando que la máquina de curado acelerado formará parte del laboratorio 111 CONSULTING GROUP SRL, es recomendable que para futuros ensayos se tenga en cuenta lo siguiente:

- Visitar a contratistas y explicar en qué consiste el método de curado acelerado además de comentarles los beneficios en rentabilidad que obtendrán al alcanzar resultados inmediatos.
- Verificar la Seguridad del personal durante el ensayo con la finalidad de no tener ningún incidente laboral.
- Seguir investigando y realizando gráficos de proyección de resistencias con distintas combinaciones de canteras regionales con la finalidad de poder contar a futuro con tablas que se amolden a todas las canteras regionales.
- Estudiar el efecto que se obtienen al dejar los especímenes de concreto 10, 20 o 30 min más de ensayo (actualmente está normado con 3.5h +- 5 min).

REFERENCIAS

1. A.B.M`c Daniel. (1927) *Cilindros curados al vapor dan la resistencia del concreto de 28 días*, Año 1927
2. ACI The American Concrete Institute (2003). Century of Progress, American Concrete Institute, 2003.
3. Absalón V. y Salas R. (2008). *Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el Estado de Mérida* (Tesis de Grado). Universidad de los Andes, Mérida Venezuela.
4. Alva Cáceres, Ricardo Arturo David (2013) *Experiencia de implementación en laboratorio de la norma NTP 339.213 para el curado acelerado de probetas de concreto mediante el uso de agua hirviendo* (Tesis). Universidad de Piura. Piura.
5. Akroyd, T. N. (1961). Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. 19, págs. 1-28.
6. Damiani, C. (2010). *Control de calidad para el concreto*. Recuperado el 22 de octubre de 2016, desde http://carlosdamiani.blogspot.pe/2010_11_01_archive.html
7. Giaccio, G, Terré, E. M. y Zerbino, R. (1998). Las condiciones de curado y el desarrollo de resistencia en hormigones con puzolanas. *Ciencia y Tecnología del Hormigón*. Nº 6. Lemit – ISSN 0327-4845 –p. 19 – 32.
8. Graf López, Alejandro y Zúñiga Barrera, Sergio (2007). *Evaluación de los ensayos acelerados en el control de calidad del concreto Norma técnica 339.213 R.N 76-2007*.
9. Rivera Villarreal, Raymundo (1983). *Ensayos acelerados para determinar la resistencia potencial a la tensión por compresión diametral y el módulo de rotura del concreto los 28 días y aplicaciones*. (Tesis de posgrado, Maestría en Ciencias). Universidad Autónoma de Nuevo León, facultad de ingeniería civil división de estudios superiores. México.
10. Nalhotra, V. M. y Zoldners (1970). Journal of the American Concrete Institute. vol. 67, págs 424-434.
11. Standard Method of Making. Accelerated Curing, and Testing of Concrete. Compression Test Specimens, A.S.T.M., Designation: C 684.
Use of Accelerated Strength Testing - American Concrete Institute; ACI 214.IR.
12. Accelerated Strength Testing. American Concrete Institute. Publication SP-56. Probetas de concreto. Boletín Técnico. Asociación de Productores de Cemento. Lima.
13. Norma ASTM C 33: Especificación Normalizada de Agregados para Concreto.
14. Norma ASTM C 150: Especificación Normalizada para Cemento Portland
15. Norma ASTM D2216-98 Método de Prueba Estándar Para La Determinación de Humedad.
16. Norma ASTM C-136 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos.
17. Norma ASTM C-128 Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos.

APÉNDICE

1. Ficha técnica del cemento Pacasmayo tipo I
2. Diseño de mezcla método Walker Cálculos
3. Resultado de Rotura de especímenes ensayo Acelerado.
4. Resultado de Rotura de especímenes ensayo Estándar 07 días.
5. Resultado de Rotura de especímenes ensayo Estándar 14 días.
6. Resultado de Rotura de especímenes ensayo Estándar 28 días.
7. Agregado Grueso cálculos de Humedad AASHTO T 265 ASTM D 2216, Límites De Atterberg ASTM D 4318, y Porcentaje de Módulo de Finura, análisis granulométrico por tamizado ASTM C-136 y Curva Granulométrica según norma MTC E 204, ASTM C 136, AASHTO T 27.
8. Agregado Fino cálculos de Humedad AASHTO T 265 ASTM D 2216, Límites De Atterberg ASTM D 4318, y Porcentaje de Módulo de Finura, análisis granulométrico por tamizado ASTM C-136 y Curva Granulométrica según norma MTC E 204, ASTM C 136, AASHTO T 27.
9. Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Fino y Grueso según ASTM C-128
10. Cálculo de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.

ANEXOS

1. Norma EL PERUANO técnica 339.213 R.N 76-2007.
2. NORMA TÉCNICA NTP 339.213 PERUANA 2007 (revisada el 2015), Dirección de Normalización – INACAL, Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27) Lima, Perú.
3. Carta que acredita poder utilizar el nombre de la empresa.
4. CD con video explicando Procedimientos que contiene:
 - Diseño de Mezcla
 - Control SLUMP
 - Realizando especímenes
 - Procedimiento de método ensayo Curado Acelerado
 - Capeo y rotura de especímenes