

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE INVESTIGACIÓN DE MANERA
INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Tema:

**“EL CURADO DEL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS FINALES”.**

AUTOR: Carlos David Manobanda Laica.

TUTOR: Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes.

Ambato – Ecuador
2013

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes certifico que el presente proyecto de investigación **“EL CURADO DEL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS FINALES”** realizado por el señor Carlos David Manobanda Laica Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Carlos David Manobanda Laica, CI. 180368329-9 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el Trabajo de Graduación elaborado bajo el Tema: **“EL CURADO DEL HORMIGÓN Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS FINALES”**, es de mi completa autoría y responsabilidad.

Egdo. Carlos David Manobanda Laica

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico con mucha gratitud y afecto:

A DIOS, Quien siempre está, y, a estado a mi lado a lo largo de mi vida universitaria amparándome y dándome fuerzas para poder superar toda adversidad, ayudándome y bendiciendo todas las decisiones que he tomado.

A MIS PADRES, Carlos y Gladys quienes son mi ejemplo, y fueron los pilares fundamentales de mi vida, gracias por brindarme su apoyo incondicional, por depositar su confianza en mí, y enseñarme a levantar después de cada tropiezo que se tiene en la vida.

A MI ESPOSA Y A MI HIJO, Sandrita y Carlitos Bernabé quienes llegaron a complementar mi vida, llenándola de felicidad y convirtiéndose en el motivo y la razón para levantarme y luchar todos los días. LOS AMO

A MIS HERMANOS, Elsa, Matilde, Juan, Mario, Geovanny, Janeth, Wilson y Gladys quienes a pesar que en ocasiones tuvimos malos ratos supieron alentarme para seguir adelante y saber que podré confiar en ellos en todo momento.

Carlos David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me dio la fe, la fortaleza, la salud para lograr mis objetivos, y la esperanza para terminar este trabajo.

A mis padres quienes a lo largo de esta etapa de mi vida me han apoyado en mi formación académica, depositando su entera confianza en todo momento.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, que me abrió sus puertas para formarme como profesional, a mis profesores y todos los docentes de la misma, que pacientemente me ilustraron con sus conocimientos.

Un agradecimiento especial al Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes tutor del proyecto por irme guiando a lo largo de todo este proceso para culminar una de mis metas.

ÍNDICE GENERAL.

A. PÁGINAS PRELIMINARES.

CERTIFICACIÓN.	II
AUTORÍA.	III
DEDICATORIA.	IV
AGRADECIMIENTO.	V
ÍNDICE GENERAL.	VI
ÍNDICE DE TABLAS.	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES.	XVIII
RESUMEN EJECUTIVO.	XX

B. TEXTO.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.	2
1.2.3 PROGNOSIS.	3
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.2.5 INTERROGANTES.	3
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.	4
1.2.6.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.	4
1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.	4

1.2.6.3	DELIMITACIÓN DE CONTENIDO.	4
1.3	JUSTIFICACIÓN.	4
1.4	OBJETIVOS.	5
1.4.1	GENERAL.	5
14.2	ESPECÍFICOS.	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.		6
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.	6
2.2	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.	7
2.3	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.	7
2.4	CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.	7
2.4.1	SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES.	7
2.4.2	CONCEPTOS BÁSICOS.	8
2.4.2.1	EL HORMIGÓN Y SU COMPOSICIÓN.	8
2.4.2.1.1	Materiales cementantes.	8
2.4.2.1.2	Agua.	10
2.4.2.1.3	Los agregados.	11
2.4.2.1.4	Los aditivos.	14
2.4.2.2	FRAGUADO Y ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.	20
2.4.2.3	CURADO DEL HORMIGÓN.	21
2.4.2.4	PROPIEDADES DEL HORMIGÓN.	22
2.5	HIPÓTESIS.	25
2.6	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.	25
2.6.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.	25
2.6.2	VARIABLE DEPENDIENTE.	25

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.	27
3.1 ENFOQUE.	26
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN	26
3.2.1 MODALIDAD.	26
3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	26
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.	26
3.4.1 MUESTRA.	27
3.4.1.1 TIPO DE MUESTRA.	27
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	28
3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.	28
3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE.	29
3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	30
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	30
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	32
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	32
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.	38
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.	39
4.3.1 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS (CHI-CUADRADO).	39
4.3.1.1 Valores esperados (E).	40
4.3.1.2 Cálculo del CHI-CUADRADO (X^2).	40
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	42
5.1 CONCLUSIONES.	42
5.2 RECOMENDACIONES.	43

CAPÍTULO VI. PROPUESTA.	44
6.1	DATOS INFORMATIVOS. 44
6.1.1	Título. 44
6.1.2	Institución ejecutora. 44
6.1.3	Beneficiarios. 44
6.1.4	Ubicación. 44
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA. 45
6.3	JUSTIFICACIÓN. 45
6.4	OBJETIVOS. 46
6.4.1	Objetivo general. 46
6.4.2	Objetivos específicos. 46
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD. 47
6.6	FUNDAMENTACIÓN. 47
6.6.1	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS. 47
6.6.1.1	Ensayos de Abrasión. 48
6.6.1.2	Densidad Real o Peso Específico. 49
6.6.1.3	Capacidad de Absorción. 51
6.6.1.4	Contenido de Humedad. 52
6.6.1.5	Densidad aparente suelta y compactada. 53
6.6.1.6	Granulometría. 54
6.6.2	DENSIDAD DEL CEMENTO. 57
6.6.3	DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN. 58
6.6.3.1	Método del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central del Ecuador. 59
6.6.3.1.1	Desarrollo de la dosificación por el Método de la Universidad Central del Ecuador. 60
6.6.4	CONSISTENCIA. 65

6.6.5	FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN.	67
6.6.6	FRAGUADO Y ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.	68
6.6.7	CURADO DEL HORMIGÓN.	70
6.6.7.1	Importancia del Curado.	71
6.6.7.2	Factores que Influyen en el Resultado del Curado.	72
6.6.7.3	Métodos de Curado.	78
6.6.7.3.1	Métodos que suministran humedad adicional a la superficie del hormigón durante el período inicial de endurecimiento.	79
6.6.7.3.2	Métodos que impiden las pérdidas de humedad mediante el sellado o impermeabilización de la superficie del hormigón.	82
6.6.7.3.3	Secuencia del curado y duración de las diferentes etapas.	89
6.6.7.4	Duración del Período de Curado Tomando en Consideración los Factores Ambientales.	92
6.6.7.5	Problemas que se presenta en el hormigón a consecuencia de no curarlo o de un curado inadecuado.	95
6.7	METODOLOGÍA.	96
6.7.1	ENSAYO DE LOS AGREGADOS.	96
6.7.2	DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.	110
6.7.2.1	Datos.	110
6.7.2.2	Densidad real de la mezcla de los agregados: Grueso (Ripio) y Fino (Arena).	111
6.7.2.3	Porcentaje óptimo de vacíos.	111
6.7.2.4	Volumen de vacíos.	111
6.7.2.5	Cantidad de pasta.	111
6.7.2.6	Masa de cemento, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.	112
6.7.2.7	Masa de agua, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.	112
6.7.2.8	Masa de arena, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.	112

6.7.2.9	Masa de ripio, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.	112
6.7.2.10	Dosificación al peso.	113
6.7.2.11	Corrección por humedad de la dosificación.	114
6.7.3	TÉCNICAS O MÉTODOS DE CURADO DEL HORMIGÓN	116
	DURACIÓN MÍNIMA ESTIMADA, EN DÍAS DEL PERÍODO DE	
6.7.4	CURADO TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LOS FACTORES	128
	AMBIENTALES.	
6.7.5	RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN SIMPLE DE	130
	LAS PROBETAS.	
6.8	ADMINISTRACIÓN.	152
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.	152
6.10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	152
6.10.1	CONCLUSIONES.	152
6.10.2	RECOMENDACIONES.	153

C. MATERIALES DE REFERENCIA.

BIBLIOGRAFÍA.	155
----------------------	-----

ANEXOS	157
---------------	-----

1.	Modelo encuesta.	157
2.	Prueba de consistencia.	158
3.	Elaboración de probetas cilíndricas de hormigón.	158
4.	Ensayos de compresión en función del tiempo.	159

ÍNDICE DE TABLAS.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.	27
Tabla 3.5.1 Operacionalización de la Variable Independiente.	29
Tabla 3.5.2 Operacionalización de la Variable Dependiente.	30
Tabla 3.7.1 Procesamiento y análisis.	31
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	32
Tablas 4.3.1 Resultados de la encuesta (Obtenidos).	39
Tablas 4.3.2 Valores esperados de la encuesta (E).	40
Tabla 4.3.3 Cálculo del CHI-CUADRADO (X^2).	40
CAPÍTULO VI. PROPUESTA.	44
Tabla 6.6.1 Ensayo de los agregados.	48
Tabla 6.6.2 Tamaños de los tamices INEN y sus equivalencias norma ASTM.	55
Tabla 6.6.3 Requisitos granulométricos para el agregado grueso.	56
Tabla 6.6.4 Requisitos granulométricos para el agregado fino.	56
Tabla 6.6.5 Resistencia a la compresión del hormigón basada en la W/C.	60
Tabla 6.6.6 Coeficiente K para distintos asentamientos.	62
Tabla 6.6.7 Resumen de Resistencias y Asentamientos.	66
Tabla 6.6.8 Coeficiente de Ponderación Ambiental (K).	93
Tabla 6.6.9 Determinación del Parámetro Básico de Curado (D0).	93
Tabla 6.6.10 Coeficiente de Ponderación Térmica (L).	94
Tabla 6.6.11 Determinación del Parámetro en función del tipo de cemento.	94
Tabla 6.6.12 Velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón.	95

Tabla 6.7.1	Ensayos de Abrasión del Agregado Grueso (Ripio).	96
Tabla 6.7.2	Ensayos de Densidad Real o Peso Específico del Agregado Grueso (Ripio).	97
Tabla 6.7.3	Ensayos de Densidad Real o Peso Específico del Agregado Fino (Arena).	98
Tabla 6.7.4	Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Grueso (Ripio).	99
Tabla 6.7.5	Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Fino (Arena).	100
Tabla 6.7.6	Ensayo de Densidad Aparente Suelta de los Agregados: Grueso (Ripio) y Fino (Arena).	101
Tabla 6.7.7	Ensayo de Densidad Aparente Compactada de los Agregados: Grueso (Ripio) y Fino (Arena).	102
Tabla 6.7.8	Ensayo de Densidad Aparente Compactada de la Mezcla de los Agregados: Grueso (Ripio) y Fino (Arena).	103
Tabla 6.7.9	Ensayo de Granulometría del Agregado Fino (Arena).	105
Tabla 6.7.10	Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso (Ripio).	107
Tabla 6.7.11	Ensayo de Densidad del cemento.	109
Tabla 6.7.12	Resumen de la Dosificación al Peso y Corrección de la Dosificación.	116
Tabla 6.7.13	Parámetros Climáticos Promedio de Ambato.	128
Tabla 6.7.14	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando membrana química SIKA como curado.	130
Tabla 6.7.15	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando membrana química ADITEC como curado.	132
Tabla 6.7.16	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando plástico transparente como curado.	134

Tabla 6.7.17	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando plástico negro como curado.	136
Tabla 6.7.18	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando aspersión con agua durante cuatro días como curado.	138
Tabla 6.7.19	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando aspersión con agua durante siete días como curado.	140
Tabla 6.7.20	Ensayos de compresión en cilindros a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando arena saturada como curado.	142
Tabla 6.7.21	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando tela mojada con yute como curado.	144
Tabla 6.7.22	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando cámara de curado.	146
Tabla 6.7.23	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, sin curado.	148
Tabla 6.7.24	Cuadro comparativo para distintos tipos y tiempos de curado.	150

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. 32

Gráfico 4.1.1	Resultados Encuesta Pregunta “a”.	33
Gráfico 4.1.2	Resultados Encuesta Pregunta “b”.	34
Gráfico 4.1.3	Resultados Encuesta Pregunta “c.1”.	35
Gráfico 4.1.4	Resultados Encuesta Pregunta “c.2”.	36
Gráfico 4.1.5	Resultados Encuesta Pregunta “d”.	37

CAPÍTULO VI. PROPUESTA. 44

Gráfico 6.6.1	Esquema de un horno de KILM.	57
Gráfico 6.6.2	Esquema de ensayo del Cono de Abrams.	66
Gráfico 6.6.3	Temperatura del Hormigón VS Pérdida de Agua.	73
Gráfico 6.6.4	Efecto de las condiciones de temperatura en el desarrollo de resistencia del concreto (Cemento Tipo I).	76
Gráfico 6.6.5	Influencia de la velocidad del viento en la pérdida de agua del hormigón en las etapas iniciales después del colocado (humedad ambiente relativa del 70%, temperatura 21°C).	77
Gráfico 6.6.6	Curado por inundación o inmersión.	80
Gráfico 6.6.7	Curado mediante el empleo de rociadores aspersores.	81
Gráfico 6.6.8	Curado de columnas de concreto envolviéndolas con plásticos.	83
Gráfico 6.6.9	Aplicación de un compuesto de curado por aspersion. Nótese que para controlar el impacto del viento se cubre el concreto recién curado con lonas, una vez el compuesto de curado seque al tacto.	85
Gráfico 6.6.10	Delaminación del concreto debida al afinado muy temprano de la superficie.	91

Gráfico 6.7.1	Ensayo de Densidad Aparente Compactada de la Mezcla de los Agregados: Grueso (Ripio) y Fino (Arena).	104
Gráfico 6.7.2	Gráfico de Granulometría del Agregado Fino (Arena).	106
Gráfico 6.7.3	Gráfico de Granulometría del Agregado Grueso (Ripio).	108
Gráfico 6.7.4	Resumen de las Técnicas de Curado Empleadas.	117
Gráfico 6.7.5	Curado con membrana química ADITEC-CURINSOL.	118
Gráfico 6.7.6	Curado con membranas plásticas (plástico transparente).	119
Gráfico 6.7.7	Curado con membranas plásticas (plástico negro).	120
Gráfico 6.7.8	Curado por aspersión de agua durante cuatro días.	121
Gráfico 6.7.9	Curado por aspersión de agua durante siete días.	122
Gráfico 6.7.10	Curado con membrana química SIKA-ANTISOL BLANCO.	123
Gráfico 6.7.11	Curado con material saturado utilizando arena.	124
Gráfico 6.7.12	Curado con tela mojada con yute.	125
Gráfico 6.7.13	Curado en la cámara de curado en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.T.A.	126
Gráfico 6.7.14	Sin ningún tipo de curado.	127
Gráfico 6.7.15	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando membrana química SIKA como curado.	131
Gráfico 6.7.16	Ensayos de compresión en cilindros a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando membrana química ADITEC como curado.	133
Gráfico 6.7.17	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando plástico transparente como curado.	135
Gráfico 6.7.18	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando plástico transparente como curado.	137
Gráfico 6.7.19	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando Aspersión con agua durante cuatro días como curado.	139

Gráfico 6.7.20	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando Aspersión con agua durante siete días como curado.	141
Gráfico 6.7.21	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando arena saturada como curado.	143
Gráfico 6.7.22	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando tela mojada con yute como curado.	145
Gráfico 6.7.23	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, empleando cámara de curado.	147
Gráfico 6.7.24	Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4, 7 y 28 días de edad, sin curado.	149
Gráfico 6.7.25	Gráfico comparativo para distintos tipos y tiempos de curado.	151

ÍNDICE DE ECUACIONES.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.	27
Ecuación 3.4.1 Tamaño de la Muestra.	28
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	32
Ecuación 4.3.1 Valores esperados (E).	40
Ecuación 4.3.2 Cálculo del CHI-CUADRADO (X^2).	40
Ecuación 4.3.3 Grados de libertad.	41
CAPÍTULO VI. PROPUESTA.	44
Ecuación 6.6.1 Pérdida máxima por abración del agregado grueso.	49
Ecuación 6.6.2 Relación Agua / Cemento.	59
Ecuación 6.6.3 Densidad real de la mezcla de los agregados.	61
Ecuación 6.6.4 Porcentaje óptimo de vacíos.	61
Ecuación 6.6.5 Volumen de vacíos.	61
Ecuación 6.6.6 Cantidad de pasta.	62
Ecuación 6.6.7 Masa de cemento.	62
Ecuación 6.6.8 Cantidad de agua de mezclado.	62
Ecuación 6.6.9 Cantidad de agregado fino.	63
Ecuación 6.6.10 Cantidad de agregado grueso.	63
Ecuación 6.6.11 Factor de agua (fW), arena (fA) y ripio (fR) para 1,00 saco de cemento.	63
Ecuación 6.6.12 Cantidad de agua (fW), arena (fA) y ripio (fR) para 1,00 saco de cemento.	63

Ecuación 6.6.13	Corrección del valor del agregado grueso.	64
Ecuación 6.6.14	Corrección del valor del agregado fino.	64
Ecuación 6.6.15	Cantidad de agua en el agregado grueso.	64
Ecuación 6.6.16	Cantidad de agua en el agregado fino.	64
Ecuación 6.6.17	Corrección de la cantidad de agua en la mezcla.	64
Ecuación 6.6.18	Duración mínima, en días, de curado.	92

RESUMEN EJECUTIVO

El problema que existe para desarrollar la siguiente investigación es que curado del hormigón es algo de lo que todos hablan pero pocos saben exactamente qué es y cómo debe hacerse para obtener óptimos resultados. No existe foro dedicado al tema de la durabilidad y del control del agrietamiento de hormigón donde no se mencione al curado como la herramienta más económica y eficaz para garantizar una obra durable, resistente y libre de grietas.

Es por este motivo que la presente investigación recopila la información más relevante disponible actualmente en la literatura sobre éste tema, así como también por medio de ensayos se muestra la importancia de tomar en cuenta las condiciones ambientales del lugar en el que se va a aplicar el curado, en nuestro estudio la ciudad de Ambato.

Por lo que se realizara una investigación bibliográfica y de campo de los agregados: Grueso (Ripio) y Fino (Arena) de la cantera “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”; para luego dosificar un hormigón que alcanzara una resistencia de 210 Kg/cm² a los 28 días de edad y un asentamiento de 6,00 a 9,00 centímetros.

Con este hormigón se realizara cilindros de prueba, para después someterlos a distintas técnicas de curado. Finalmente se determina la resistencia a la compresión de los testigos, evidenciando así las ventajas y desventajas que tiene cada técnica de curado y demostrando la necesidad de curar una estructura de hormigón.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.

El curado del hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.

Los avances científico-tecnológicos asociados con las construcciones de hormigón muestran un progreso significativo en los últimos años, con el desarrollo de nuevas tipologías de hormigón, como los hormigones auto-compactantes, los hormigones de alta resistencia y ultra-alta resistencia.

El hormigón, tal como se conoce hoy día es un material constituido básicamente por agregados pétreos, de tamaño limitado, que cumple con ciertas condiciones respecto a sus características mecánicas y granulométricas, unidas por una pasta conformada por un conglomerante (cemento) y agua. A este material en el momento de su amasado, puede añadirse otros productos o materiales (aditivos, y fibras de refuerzo) para mejorar algunas características determinadas.

Uno de los factores clave en la ejecución de estructuras de hormigón es el curado, que tiene por objeto brindar al hormigón las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para el desarrollo de sus propiedades “potenciales”, acordes con su composición y características, hecho reconocido por los Reglamentos y las recomendaciones de manera universal pero que no se refleja adecuadamente en las prácticas constructivas habituales.

Es así que cuando se hormigona en los meses calurosos, con temperatura alta y humedad relativa baja, es necesario un buen curado debido a que existen problemas potenciales como: el aumento de la demanda de agua durante el amasado, el aumento de la velocidad de pérdida de consistencia del material, aumento de la velocidad de fraguado, etc. Por otro lado, las temperaturas muy bajas, provocan heladas y someten al hormigón a ciclos hielo/deshielo.

Es por eso que un mal curado se traduce, entre otros problemas, en una fisuración superficial y por tanto en una más fácil entrada de agua y sustancias nocivas hacia el interior del hormigón, una mayor permeabilidad del hormigón y mayor dificultad para controlar el contenido de poros.

Las asociaciones destinadas al estudio de la importancia del curado coinciden al indicar que “el curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del hormigón endurecido, tanto en el interior del hormigón como en su superficie, tales como la resistencia, permeabilidad, resistencia a la abrasión, estabilidad de volumen y resistencia al hielo-deshielo y a sustancias anticongelantes. El desarrollo de resistencia superficial puede reducirse significativamente cuando el curado es defectuoso.”

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.

De las distintas operaciones necesarias para la ejecución de un elemento de hormigón, el proceso de curado es uno de los más importantes por su influencia decisiva en la resistencia y demás cualidades del hormigón resultante.

Tradicionalmente, hablar de curado es humedecer el hormigón, se desconocen otras posibilidades pues si bien, el mantener el hormigón húmedo es la mejor manera de curado, no siempre es aplicable y con frecuencia es utilizada en forma parcial e incompleta; por lo que falta disciplina y conocimiento que hagan del curado una práctica, la cual debe mantenerse por períodos estudiados y en forma continua.

Dentro del campo de la construcción, los contratistas y los fiscalizadores se sienten satisfechos por los resultados que se obtienen de los testigos de hormigón realizados dentro de un ambiente controlado como es un laboratorio, sin tomar en cuenta que las condiciones no son las mismas que en obra.

1.2.3 PROGNOSIS.

En caso de no tomar medidas se seguirán realizando con ligereza los procesos de curado en el hormigón, esta fase del proceso de fabricación del hormigón es una de las más descuidadas, ya que su importancia no es fácilmente perceptible; por el desconocimiento de otros procedimientos de curado apropiados.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo el curado del hormigón, incide en sus propiedades mecánicas finales?

1.2.5 INTERROGANTES.

- ¿Qué es el curado del hormigón?
- ¿Cuál es la importancia de la humedad y temperatura del hormigón durante el curado?
- ¿Cómo influye el clima de Ambato en el curado del hormigón?
- ¿Es siempre necesario el curado en el hormigón?
- ¿Cómo afecta el curado en la resistencia y durabilidad del hormigón?
- ¿Cuáles son los diferentes métodos de curado?
- ¿Cuánto tiempo debe durar el curado del hormigón?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.

1.2.6.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.

El proyecto propuesto se ejecutará en un plazo de 6 meses a partir del mes de Marzo del 2013 hasta Octubre del 2013.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.

La investigación constará de estudios de laboratorio los cuales se realizarán en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil; los respectivos estudios bibliográficos se realizarán en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO.

- **Problema:** Inadecuado curado del hormigón.
- **Tema:** El curado del hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales.
- **Aspecto:** Estructuras, Hormigón, Proyecto de Tesis, Ensayo de Materiales.
- **Área:** Ciencias Básicas de Ingeniería.
- **Campo:** Ingeniería Civil.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo de las actividades humanas ha provocado una mayor demanda de estructuras de hormigón, ya que es uno de los materiales de mayor importancia dentro de la construcción, por la evidente facilidad con la que se prepara y las excelentes características que presenta.

Estas facilidades ratifican sus cualidades, pero de igual manera pueden convertirse en un gran peligro si quien lo produce no tiene el suficiente conocimiento acerca del mismo; por lo que fabricar un buen hormigón no es fácil, hay que tomar en cuenta todos los factores que intervienen en la elaboración: amasado, vaciado, vibrado y curado para obtener todos sus beneficios. Por tanto realizar un hormigón de calidad es una ciencia en permanente estudio y evolución.

Uno de los factores más importante dentro del campo del hormigón es el curado; ya que no importa el cuidado que se tuviera anteriormente, desde el proceso de dosificación, amasado y vertido, si el curado no fue hecho de una manera apropiada, el hormigón no desarrollará todo su potencial, ya que éste es el responsable de cuidar el grado de humedad y las condiciones térmicas durante el fraguado.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 GENERAL.

Realizar un estudio al curado del hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas finales.

1.4.2 ESPECÍFICOS.

- Determinar los parámetros de un buen curado del hormigón.
- Determinar qué propiedades mejora el curado del hormigón.
- Estudiar cómo influye el clima en el curado del hormigón.
- Determinar el tiempo que debe durar el curado del hormigón.
- Determinar los diferentes métodos de curado.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO.

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

Para contar con todas las bondades del hormigón hay que tener muy en claro que, no depende solo del mezclado y vaciado del mismo, uno de los factores clave es el curado, que tiene por objeto brindar al hormigón las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para el desarrollo de sus propiedades potenciales. Sin embargo, existen dificultades para realizar dicho curado en condiciones reales de obra, dificultad que se ve acentuada porque no se toman en cuenta las condiciones ambientales del lugar.

El Ecuador por estar dividido en cuatro regiones geográficas: Costa, Sierra, Oriente e Insular, tienen diferentes climas en los cuales la técnica de curado del hormigón es determinante.

Las altas temperaturas en la costa y oriente, inducen condiciones que favorecen el secado prematuro. En estas condiciones de exposición inicial, la importancia del curado es crítica y se deben extremar los esfuerzos para asegurar procedimientos eficientes de curado. Por otro lado, las condiciones climáticas de la sierra, con temperaturas muy bajas, provocan heladas y someten al hormigón a ciclos hielo/deshielo, afectando así al curado del mismo.

Existen muchos estudios aplicados al hormigón, como la teoría para la dosificación, el estudio de los agregados; para obtener un hormigón que cumpla con el diseño estructural y los reglamentos. Sin embargo no se ha tomado en cuenta cómo un hormigón no curado o un curado inadecuado alcanza una resistencia inferior al 50% de la que se alcanza con un hormigón curado técnicamente.

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

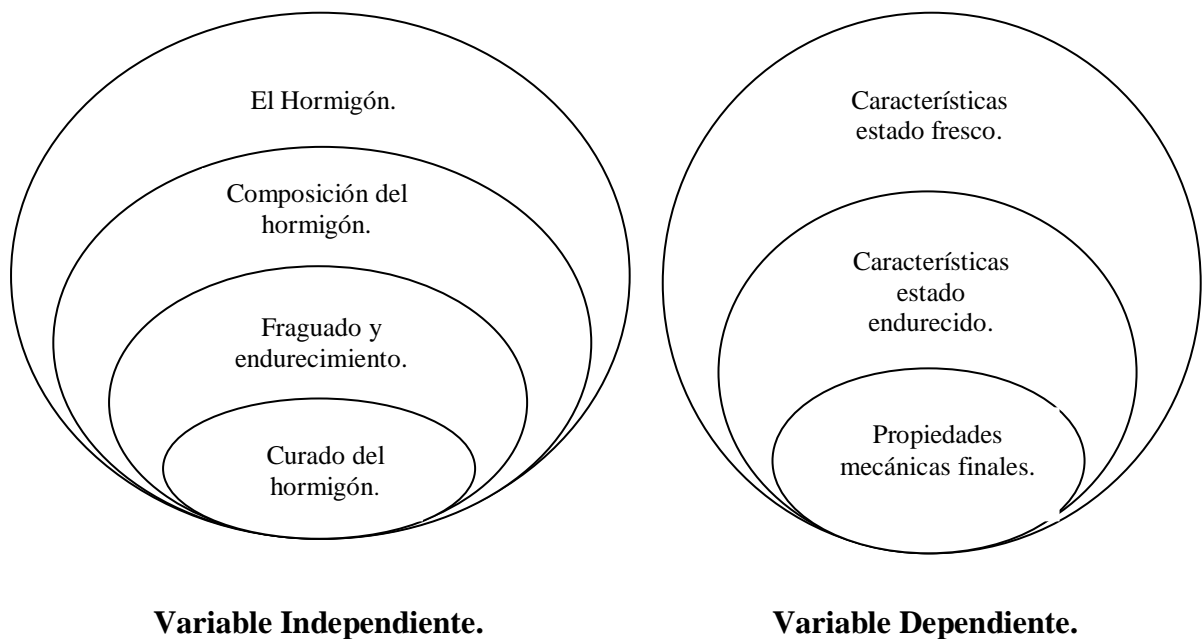
Los fundamentos legales de la investigación para el curado del hormigón se encuentran en: Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento (IMCYC), Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, Código American Concrete Institute (A.C.I), American Society for Testing and Materials (A.S.T.M), Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-O8), Manual de Tecnología del Concreto (CFE).

2.3 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

La investigación se halla bajo el paradigma crítico-positivista, ya que es objetiva y predominan los métodos cuantitativos, sabemos que existen leyes y reglamentos pre estructurados y esquematizados es decir que no podemos cambiar el procedimiento, además está orientado a la verificación y confirmación.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.

2.4.1 SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES.



2.4.2 CONCEPTOS BÁSICOS.

2.4.2.1 EL HORMIGÓN Y SU COMPOSICIÓN.

Es una mezcla homogénea, compuesta por una pasta adhesiva de cemento y agua que mantiene adheridas un conjunto de partículas de materiales, denominados agregados. A estos componentes debe sumarse en todos los casos la presencia de un volumen variable ocupado por huecos o vacíos que contienen aire.

Éste debe ser homogéneo en todos sus aspectos. Está compuesto por la pasta cementante (cemento y agua), los materiales granulares (agregados) y aire incorporado intencional.

2.4.2.1.1 MATERIALES CEMENTANTES.

Son materiales que sirven para unir fragmentos minerales que contengan adherencia y cohesión requeridas, formando un solo material sólido que contenga resistencia y durabilidad adecuadas.

Los cementos son conglomerantes hidráulicos, estos productos que mezclados con agua forman pastas que fraguan y endurecen, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto en el aire, como bajo agua. La clasificación de un cemento puede realizarse en función de:

- a) Cementos Pórtland.-** Es un ligante hidráulico inorgánico, polifásico artificial, que se obtiene a partir de un producto intermedio denominado clínker, el cual se produce mediante la cocción a, aproximadamente, 1480 °C, generalmente en hornos rotatorios, de una mezcla en proporciones preestablecidas de carbonato de calcio (caliza) y de un aluminio silicato (arcillas o margas) u otros materiales de una composición global similar y con la reactividad suficiente, previamente molidos y homogeneizados.

A su vez este se clasifica en:

Tipo I: normal es el cemento Pórtland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales). Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.

Tipo II: de moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Pórtland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado.(Puentes, tuberías de concreto).

Tipo III: Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado.

Tipo IV: Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse dilataciones durante el fraguado.

Tipo V: Usado donde se requiera una elevada resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias).

b) Cementos Hidráulicos Mezclados.- Estos cementos han sido desarrollados debido al interés de la industria por la conservación de la energía y la economía en su producción. La norma ASTM C 595 reconoce la existencia de cinco tipos de cementos mezclados:

Cemento Pórtland de escoria de alto horno - Tipo IS.

Cemento Pórtland puzolana - Tipo IP y Tipo P.

Cemento de Escoria - Tipo S.

Cemento Pórtland modificado con puzolana - Tipo I (PM).

Cemento Pórtland modificado con escoria - Tipo I (SM).

c) Cementos Especiales:

Cementos para Pozos Petroleros.

Cementos Plásticos.

Cementos Pórtland Impermeabilizados.

d) Otros Tipos de Cemento:

Cementos de Albañilería.

Cementos Expansivos.

Cemento Portland Blanco.

2.4.2.1.2 AGUA.

Considerada como materia prima para la elaboración del hormigón en el proceso de amasado y el curado del mismo.

- a) El agua de amasado.-** Es el agua agregada al elaborar una pasta, siendo sus principales funciones: Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación y contribuir con la trabajabilidad de la mezcla fresca.
- b) El agua de curado.-** Tiene como función aportar con la humedad necesaria durante las primeras edades de endurecimiento para compensar la pérdida de agua por evaporación y permitir que siga produciendo la progresiva hidratación del cemento que va dando lugar al aumento de resistencias mecánicas.

El agua empleada en la elaboración del hormigón deberá ser limpia y fresca hasta donde sea posible y no deberá contener residuos de aceites, ácidos, sulfatos de magnesio, sodio y calcio (llamados álcalis blandos) sales, limo, materias orgánicas u otras sustancias dañinas y estará así mismo exenta de arcilla, lodo y algas.

c) **Relación Agua/Cemento.-** Constituye un parámetro importante de la composición del hormigón.

La relación agua / cemento (a/c) es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua cemento es el cociente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el hormigón fresco. O sea que se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de hormigón.

La relación agua / cemento crece cuando aumenta la cantidad de agua y decrece cuando aumenta el contenido de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua / cemento tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

2.4.2.1.3 LOS AGREGADOS.

El agregado es el material granular, generalmente inerte, resultante de la desintegración natural, desgaste o trituración de rocas, de escorias siderúrgicas convenientemente preparadas para tal fin o de otros materiales suficientemente duros, que permiten obtener partículas de forma y tamaños estables, destinadas a ser empleadas en hormigones.

Los agregados fino y grueso ocupan alrededor del 60 % al 75 % del volumen del hormigón (70 % a 85 % de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del hormigón. Existen distintas formas de clasificar los agregados siendo las más comunes:

a) **Por su densidad.-** Estos son:

Normales: Son los agregados de uso más generalizado y en el 90 % de las construcciones se los utiliza. El peso unitario está comprendido entre 1000 a 1800 kg/m³.

Livianos: Su peso unitario está por debajo de los 1000 kg/m³ (700 a 800 kg/m³) y con su uso se obtienen hormigones livianos.

Pesados: Tienen un peso unitario superior a los 2000 kg/m³ y provienen de rocas que contienen elementos pesados, por ejemplo, hierro, bario, plomo. Se los emplea para la elaboración de hormigones pesados para pantallas contra radiaciones.

b) Por su composición mineralógica.- Se da una clasificación de los agregados naturales según el tipo de roca:

Ígneas.- Se producen por el enfriamiento del magma, pueden ser de dos tipos: las rocas intrusivas o plutónicas que se producen por debajo de la superficie terrestre debido a un enfriamiento lento del magma y las extrusivas o volcánicas que se producen por un enfriamiento brusco del magma en la superficie terrestre al ser expulsado por los volcanes.

Metamórficas.- La formación de este tipo de roca se da por un proceso que involucra altas presiones, temperaturas extremas y fuerzas que se producen en la superficie terrestre sobre roca que pueden ser de origen ígneo, sedimentario o las mismas metamórficas. Estas presiones producen cambios importantes en las estructuras de las rocas, ya sea de composición física o química.

Sedimentarias.- Este tipo de rocas se produce por la acumulación de materiales sobre la corteza terrestre debido a la erosión de otras rocas preexistentes. Generalmente, su consolidación depende del tiempo que haya transcurrido, es así que muchas de ellas no tienen una consolidación muy fuerte y se desmenuzan fácilmente.

c) Por el método de extracción.- Según el procedimiento de producción, los agregados pueden clasificarse como:

Naturales.- Debido a la cantidad de roca y distintas formas por la cuales se puede producir una fragmentación natural.

Artificiales.- En el caso que no existan agregados naturales hay que buscar fuentes de materiales para, por medios mecánicos obtener agregados adecuados para la construcción teniendo en cuenta además la calidad intrínseca de la roca, la forma de la partícula, granulometría y limpieza. Los cuales se los puede subclasificar de la siguiente manera:

Minerales tratados térmicamente.

Trituración.

Reciclado.

d) Por su tamaño.- Se dividen en:

Agregado grueso.- Es el agregado que de acuerdo con su tamaño nominal, queda retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

Agregado fino.- Es el agregado que pasa por lo menos el 95% el tamiz N° 4 (4,75 mm) y queda retenido en el tamiz N° 200 (75 μ m).

- **Propiedades de los agregados.-** Los requisitos de calidad establecidos para los agregados se pueden separar en dos grupos:

Grupo A.- Las partículas deben ser duras, resistentes y durables.

Grupo B.- Las partículas deben estar limpias, libres de impurezas, de tamaño y forma adecuadas.

Si el material en estudio no reúne alguna de las características del Grupo A, no podrá ser empleado como agregado para hormigón, por ser estas características determinantes, y no es posible modificarlas.

Si en cambio no se cumplen las condiciones del Grupo B, las mismas se pueden corregir, por lavado o cribado.

Uno de los problemas regulares del agregado es el polvo que se adhiere a la superficie del mismo, el cual es frecuente en arenas de lechos de ríos o playas, puede aparecer entre los agregados en el proceso de trituración, aparecen por transporte mediante palas de arrastre con la incorporación de partículas del suelo.

Ésto provoca una disminución de la resistencia mecánica del hormigón en especial la resistencia a tracción, además el polvo, por el proceso de exudación, llega a la superficie del hormigón formando una película de polvo, cemento y agua fácilmente desgastable y aumentar el contenido de cemento, el contenido de agua de mezclado, o ambos, manteniendo constante la relación a/c.

2.4.2.1.4 LOS ADITIVOS.

Son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y hormigones en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades.

Aún cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables. De esta manera su uso estará condicionado por:

Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.

Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.

Que un análisis de costo justifique su empleo.

Los aditivos pueden clasificarse en:

a) Clasificación de los aditivos según la norma ASTM 494

TIPO A: Reductor de agua.

TIPO B: Retardador de fraguado.

TIPO C: Acelerador de fraguado.

TIPO D: Reductor de agua y retardador.

TIPO E: Reductor de agua y acelerador.

TIPO F: Reductor de agua de alto efecto.

TIPO G: Reductor de agua de alto efecto y retardador.

b) Clasificación de los aditivos según el Centro Tecnológico del Hormigón (C.T.H)

Retardador de fraguado.

Acelerador de fraguado y endurecimiento.

Plastificante.

Plastificante – retardador.

Plastificante – acelerador.

Superplastificante.

Superplastificante retardador.

Incorporador de aire.

- **Mecanismo de acción de algunos aditivos.**

Superplastificantes – Fluidificantes.

Corresponden a una nueva generación de aditivos plastificadores, constituyendo una evolución de los aditivos reductores de agua, que en la adsorción y capacidad de dispersión del cemento es mucho más acentuada.

Los efectos principales que se derivan de la incorporación de este aditivo produce la separación de los granos de cemento entre sí, de lo que resulta una lubricación de las partículas.

Incorporadores de aire.

Durante el amasado del hormigón se forman burbujas de aire de diferentes tamaños, debido a los movimientos internos de los materiales del hormigón.

Mientras más pequeña es la dimensión de las burbujas, mayor es la presión ejercida sobre ellas, por lo que éstas tienden a disolverse en el agua.

Por su parte, las burbujas de mayor dimensión, debido a la menor presión que experimentan, tienden a crecer, son más deformables y pueden escapar especialmente durante la compactación del hormigón.

Las que no se escapan pueden aumentar de volumen, alimentadas por las más pequeñas, formando huecos que permanecen indefinidamente en el hormigón.

De lo anterior se deduce que un hormigón convencional, sin aditivo plastificante, prácticamente no puede contener burbujas inferiores a 0.1 o 0.2 mm. puesto que éstas se disuelven en el agua. Sin embargo, con aditivo, aún cuando la cantidad de aire sea similar, sus características serán muy distintas desde el punto de vista geológico y de su resistencia al hielo.

La incorporación de aire en el hormigón produce diversos efectos sobre éste, tanto mientras se mantiene en estado plástico como cuando ya ha endurecido.

Debe señalarse que el efecto principal buscado con el uso de los incorporadores de aire es el aumento de la resistencia del hormigón frente a los ciclos alternados de hielo-deshielo, que pueden producirse en los períodos en que las temperaturas ambiente descienden bajo 0°C, caso en el cual su empleo debe considerarse imprescindible.

Sin embargo, la incorporación de aire tiene también otros efectos secundarios de importancia, algunos de características favorables para el uso del hormigón.

Retardadores.

Son sustancias que retardan la disolución de los constituyentes anhidros del cemento o su difusión. Los retardadores pueden ser sustancias inorgánicas solubles, u orgánicas, que en pequeñas proporciones pueden frenar el fraguado y endurecimiento del hormigón.

Los retardadores pueden actuar de dos formas distintas según su naturaleza; una es favoreciendo la solubilidad del sulfato cálcico, que de por sí es retardador de fraguado y, la otra, formando sales cálcicas que son adsorbidas, por las partículas de cemento, retrasando de esta forma su hidratación.

El empleo de retardadores es delicado debido a que, si se emplean en dosis incorrectas, pueden inhibir el fraguado y endurecimiento del hormigón; por esta razón se utilizan con más frecuencia fluidificantes o reductores de agua de amasado, que al mismo tiempo actúan como retardadores. Por otra parte los retardadores reducen las resistencias mecánicas del hormigón a sus primeras edades.

La acción principal de los retardadores es aumentar el tiempo durante el cual el hormigón es trabajable permitiendo: el transporte del mismo sin que se produzca un endurecimiento prematuro o la segregación, lo cual es importante en el transporte a largas distancias, en hormigones bombeados, en inyectados, etc; controlar el principio de fraguado de una masa para conseguir que una pieza hormigonada en varias fases fragüe al mismo tiempo sin dar lugar a discontinuidades o juntas; hormigonar en tiempo caluroso al hacer al cemento

menos activo en su hidratación con lo cual desprenderá menos calor durante la misma, especialmente durante los primeros 7 días; lograr un acabado adecuado en hormigones de áridos vistos al aplicar el retardador a la superficie de los encofrados con lo cual el hormigón en contacto con ellos endurece más lentamente y puede tratarse con cepillo una vez realizado el desencofrado, etc.

Los retardadores de fraguado aumentan la retracción de los hormigones, siendo el aumento dependiente de la dosificación del hormigón, y de las condiciones de curado del mismo.

Aceleradores o acelerantes.

El cloruro de calcio es un acelerante por excelencia el cual incrementa la velocidad de hidratación dando lugar a resistencias iniciales altas y a una gran liberación de calor en sus primeras horas, permitiendo que el tiempo de iniciación del fraguado pueda reducirse a menos de la mitad del normal.

Al ser mayor la velocidad de desprendimiento de calor en las primeras horas del hormigón, este acelerante permite el hormigonado en tiempo frío, debido a que el calor desprendido contrarresta en parte el frío exterior.

La velocidad de endurecimiento aumenta de tal forma que un 1 por 100 de cloruro de calcio sobre el peso de cemento, es equivalente, desde este punto de vista, a una elevación de temperatura de 6°C, dependiendo del tipo y dosificación de cemento.

Este tipo de aditivo tiene el inconveniente de que puede dar lugar a eflorescencia y corrosión de las armaduras, especialmente si el hormigón se encuentra en ambiente húmedo, de aquí que en el hormigón armado y en el hormigón pretensado esté totalmente prohibido su empleo, al igual que en cualquier producto en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que ocasionen o favorezcan la corrosión de armaduras.

Impermeabilizantes.

En determinadas construcciones como pueden ser tuberías, depósitos, canales, etc., además de precisar hormigones de buenas resistencias mecánicas, es necesario que éstos sean impermeables a fin de impedir que el agua pase a través de ellos.

Por otra parte, en obras o estructuras que han de estar en contacto con agua o con terrenos húmedos es conveniente que el hormigón se oponga a que el agua ascienda por él valiéndose de sus conductos capilares.

La permeabilidad de los hormigones depende de varios factores relacionados entre sí y que pueden resumirse en los siguientes:

- a) Compacidad, que, es función de la forma y granulometría de los áridos, de la dosificación de cemento, de los medios de puesta en obra empleados y del curado.
- b) Estructura de la pasta de cemento hidratada que presentan una red de conductos capilares formados al evaporarse parte del agua durante el proceso de hidratación.

El volumen capilar formado suele ser del 28 por 100 del volumen total de la pasta hidratada aunque depende de la relación agua/cemento y de las condiciones de curado. Este volumen es tanto menor, cuanto más baja es la relación agua/cemento, dentro de un límite, y cuanto más eficaz haya sido el curado del hormigón, a ser posible realizado en ambiente saturado de vapor de agua.

Los primeros, aumentan la resistencia al paso del agua a presión sobre un hormigón endurecido; los segundos, disminuyen la absorción capilar o el paso de agua a través de un hormigón saturado. Ambos suelen solapar sus efectos.

2.4.2.2 FRAGUADO Y ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido.

Esto se observa de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del hormigón. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas.

El fraguado y endurecimiento no son más que dos estados separados convencionalmente; en realidad solo hay un único proceso de hidratación continuo.

El fenómeno físico de endurecimiento no tiene fases definidas. El cemento está en polvo y sus partículas o granos se hidratan progresivamente, inicialmente por contacto del agua con la superficie de los granos, formándose algunos compuestos cristalinos y una gran parte de compuestos microcristalinos asimilables a coloides que forman una película en la superficie del grano.

A partir de entonces el endurecimiento continúa dominado por estas estructuras coloidales que envuelven los granos del cemento y a través de las cuales progresa la hidratación hasta el núcleo del grano.

El hecho de que pueda regularse la velocidad con que el cemento amasado pierde su fluidez y se endurece, lo hace un producto muy útil en construcción. Una reacción rápida de hidratación y endurecimiento dificultaría su transporte y una cómoda puesta en obra rellenando todos los huecos en los encofrados.

Una reacción lenta aplazaría de forma importante el desarrollo de resistencias mecánicas. En las fábricas de cemento se consigue controlando la cantidad de yeso que se añade al clínker de cemento.

En la planta de hormigón, donde se mezcla la pasta de cemento y agua con los áridos, también se pueden añadir productos que regulan el tiempo de fraguado.

En condiciones normales un hormigón portland normal comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos después de que ha quedado en reposo en los moldes y termina el fraguado trascurridas sobre 10 ó 12 horas. Después comienza el endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza.

2.4.2.3 CURADO DEL HORMIGÓN.

Se puede definir como el conjunto de acciones cuyo objetivo es proveer las condiciones adecuadas para la hidratación del cemento en hormigones y morteros. Un curado eficiente es vital para la calidad del hormigón.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo, adoptando para ello las medidas adecuadas. Tales medidas se prolongarán durante el plazo que, al efecto, establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, en función del tipo, clase y categoría del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc.

El curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado o a través de un material adecuado que no contenga sustancias nocivas para el hormigón y sea capaz de retener la humedad. El agua empleada en estas operaciones deberá poseer las cualidades exigidas por normas.

En general, el proceso de curado debe prolongarse hasta que el hormigón haya alcanzado, como mínimo, el 70 por 100 de su resistencia de proyecto.

Ya que todas las propiedades deseables en el hormigón mejoran con el curado, el período de curado debería prolongarse tanto como sea aplicable en todos los casos.

- **Condiciones básicas de un curado adecuado.**

Hay tres condiciones básicas:

- Los hormigones deben estar suficientemente húmedos para garantizar la hidratación del cemento.
- Una temperatura adecuada que le permitirá una buena hidratación del cemento.
- Se recomienda curar lo más pronto posible; en el hormigón es factible hacerlo tan pronto éste reabsorbe el agua de exudación.

2.4.2.4 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

El hormigón presenta dos estados fundamentales desde el punto de vista práctico.

El estado fresco o plástico en el que admite ser manipulado para su adaptación a los encofrados previstos, y el estado endurecido en el que ha adquirido una rigidez tal que impide su manipulación sin producir fracturas visibles o no irreversibles. Estos estados son sinónimos de las fases de colocación en obra y de uso.

- **Propiedades del hormigón fresco.**

El hormigón fresco es el producto inmediato del amasado de sus componentes. Desde el primer momento se están produciendo en su masa reacciones químicas que condicionan sus propiedades finales como material endurecido. Reacciones que se prolongan sustancialmente hasta un años después de su amasado.

- El hormigón fresco es una masa heterogénea de fases sólidas, líquidas y gaseosas que se distribuyen en igual proporción si está bien amasado.

Las propiedades fundamentales de este estado del hormigón son las siguientes:

- **Consistencia.-** Es la capacidad del hormigón fresco de deformarse. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo del cono de Abrams.
- **Docilidad.-** Es sinónimo de trabajabilidad del hormigón fresco. Es su capacidad de ser puesto en su lugar de destino con los medios de compactación de que se dispone. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo del cono de Abrams.
- **Homogeneidad.-** Es la cualidad de distribución por toda la masa de todos los componentes del hormigón en las mismas proporciones. A la cualidad de homogeneidad se opone el defecto de la segregación o decantación. Se mide por la masa específica de porciones de hormigón fresco separadas entre sí.
- **Masa específica.-** Es la relación entre la masa del hormigón fresco y el volumen ocupado. Puede medirse con el hormigón compactado o sin compactar. La densidad del hormigón fresco compactado es una medida del grado de eficacia del método de compactación empleado. Se mide en kg/m^3 .
- **Tiempo abierto.-** Es el período de tiempo que transcurre entre el amasado del hormigón y el principio del fraguado.

Es una propiedad muy importante pues es en el que se puede manipular el hormigón sin merma de sus características.

- **Propiedades del hormigón endurecido.**

El carácter de hormigón endurecido lo adquiere a partir del final de fraguado.

El hormigón endurecido se compone del árido, la pasta de cemento endurecido y las red de poros abiertos o cerrados resultado de la evaporación del agua sobrante, el aire ocluido (natural o provocado por un aditivo). Las propiedades del hormigón endurecido son:

- **La densidad.-** Es la relación de la masa del hormigón y el volumen ocupado. Para un hormigón bien compactado de áridos normales oscila entre 2300-2500 kg/m³. En caso de utilizarse áridos ligeros la densidad oscila entre 1000-1300 kg/m³. Y en caso de utilizarse áridos pesado la densidad oscila entre 3000-3500 kg/m³.
- **Compacidad.-** Es la cualidad de tener la máxima densidad que los materiales empleados permiten. Un hormigón de alta compacidad es la mejor protección contra el acceso de sustancias perjudiciales.
- **Permeabilidad.-** Es el grado en que un hormigón es accesible a los líquidos o a los gases. El factor que más influye en esta propiedad es la relación entre la cantidad de agua añadida y de cemento en el hormigón (a/c). Cuanto mayor es esta relación mayor es la permeabilidad y por tanto más expuesto el hormigón a potenciales agresiones.
- **Resistencia.-** El hormigón endurecido presenta resistencia a las acciones de compresión, tracción y desgaste. La principal es la resistencia a compresión que lo convierte en el importante material que es. La resistencia a tracción es mucho más pequeña pero tiene gran importancia en determinadas aplicaciones.
- **Dureza.-** Es una propiedad superficial que en el hormigón se modifica con el paso del tiempo debido al fenómeno de carbonatación. Un método de medirla es con el índice de rebote que proporciona el esclerómetro Smichtd.
- **Retracción.-** Es el fenómeno de acortamiento del hormigón debido a la evaporación progresiva del agua absorbida que forma meniscos en la periferia de la pasta de cemento, y el agua capilar. Es el agua menos fijada en los procesos de hidratación.

2.5 HIPÓTESIS.

El curado en el hormigón incide en las propiedades mecánicas finales.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

El curado en el hormigón.

2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Propiedades mecánicas finales.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA.

3.1 ENFOQUE.

En la investigación predomina lo cuantitativo y está dada por la preferente utilización de los datos numéricos, con un enfoque normativo.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.

3.2.1 MODALIDAD.

De conformidad con el tema propuesto, la modalidad a aplicarse es la investigación Experimental y Bibliográfica.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

Los niveles serán Exploratorios, Descriptivos y Explicativos.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Para el presente proyecto se realizarán una encuestas en construcciones de más de 3 pisos, en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, sector La Matriz; tomando los datos proporcionados por la Dirección de Control Urbano, Ambiental, Canteras y Riesgos del cantón Ambato. Dando una población total de 38 construcciones.

3.4.1 MUESTRA.

Para el cálculo de la muestra se aplicará una fórmula estadística.

3.4.1.1 TIPO DE MUESTRA.

Para la ejecución de este proyecto se seleccionó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{N}{E^2(N-1)+1} \quad \text{Ecuación 3.4.1}$$

n= Tamaño de la Muestra

N = Población

E= Margen de error de 5% (valor estándar de 0.05)

$$n = \frac{38}{0.05^2(38-1)+1}$$

$$n = 34.78$$

$$\underline{n = 35}$$

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: El curado en el hormigón.

Tabla 3.5.1 Operacionalización de la Variable Independiente.

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS.
El curado del hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de curado. - Influencia del clima 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento de procesos. - Desconocimiento de tiempos adecuados. - Clima Frío. 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué tipo de procesos es el adecuado? ¿Cuánto tiempo se debe curar? ¿Cómo influye el clima frío de la ciudad de Ambato en el curado? 	Ensayo de laboratorio y campo.

3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La recolección de información se realizará a través de encuestas por medio de un cuestionario que se aplicará en construcciones de más de 3 pisos, en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, sector La Matriz, mismo que permitirá obtener toda la información necesaria para la realización y sustentación del presente proyecto.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

La información básica para la presente investigación se realizará por medio de fichas de observación y cuaderno de apuntes de los ensayos realizados en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato y en obra.

Tabla 3.7.1 Procesamiento y análisis.

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Observación	Fichas de observación
Recolección de datos	Cuaderno de apuntes
Encuesta	Encuesta

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Para determinar la necesidad de la ejecución del presente proyecto, se requiere en primera instancia la recolección de información en el campo.

Para el efecto, se realiza una encuesta en construcciones de más de 3 pisos, en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, sector La Matriz.

A continuación se adjuntan las tabulaciones de los resultados de las encuestas, en las que se indican las respuestas obtenidas en la encuesta.

Gráfico 4.1.1 Resultados Encuesta Pregunta “a”.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SABE ¿QUÉ ES CURAR EL HORMIGÓN?

MUESTRA = 35,00

SI	34,00	97,14%
NO	1,00	2,86%

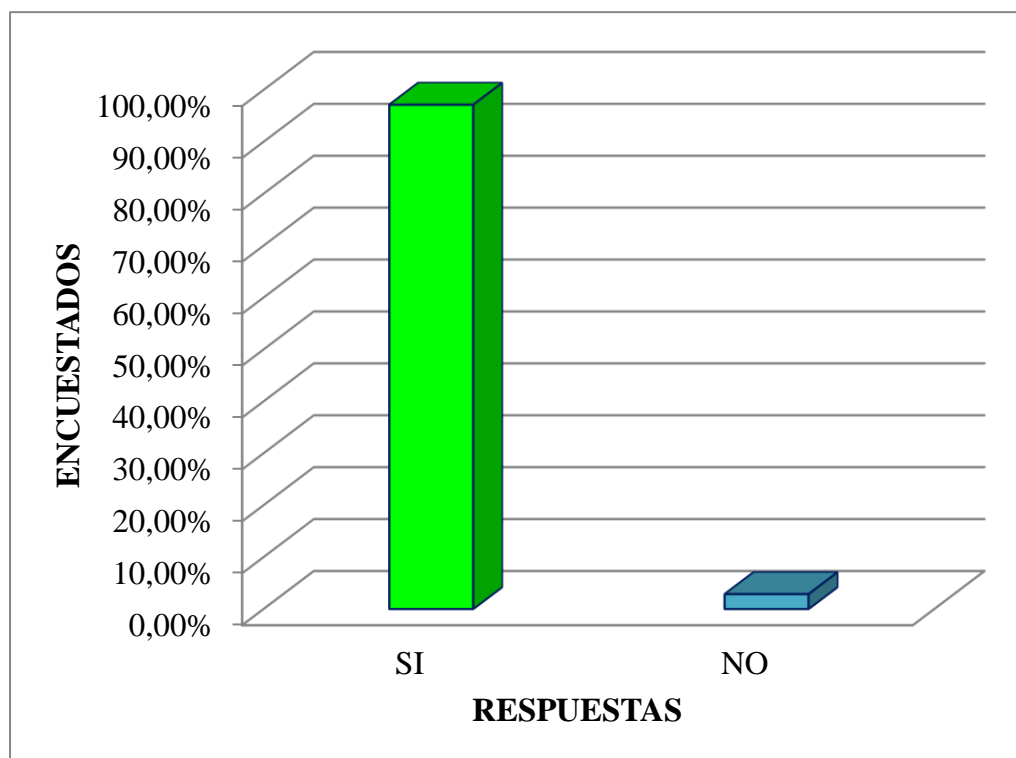


Gráfico 4.1.2 Resultados Encuesta Pregunta “b”.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



¿CURA EL HORMIGÓN COLOCADO?

MUESTRA = 35,00

SI	31,00	88,57%
NO	4,00	11,43%

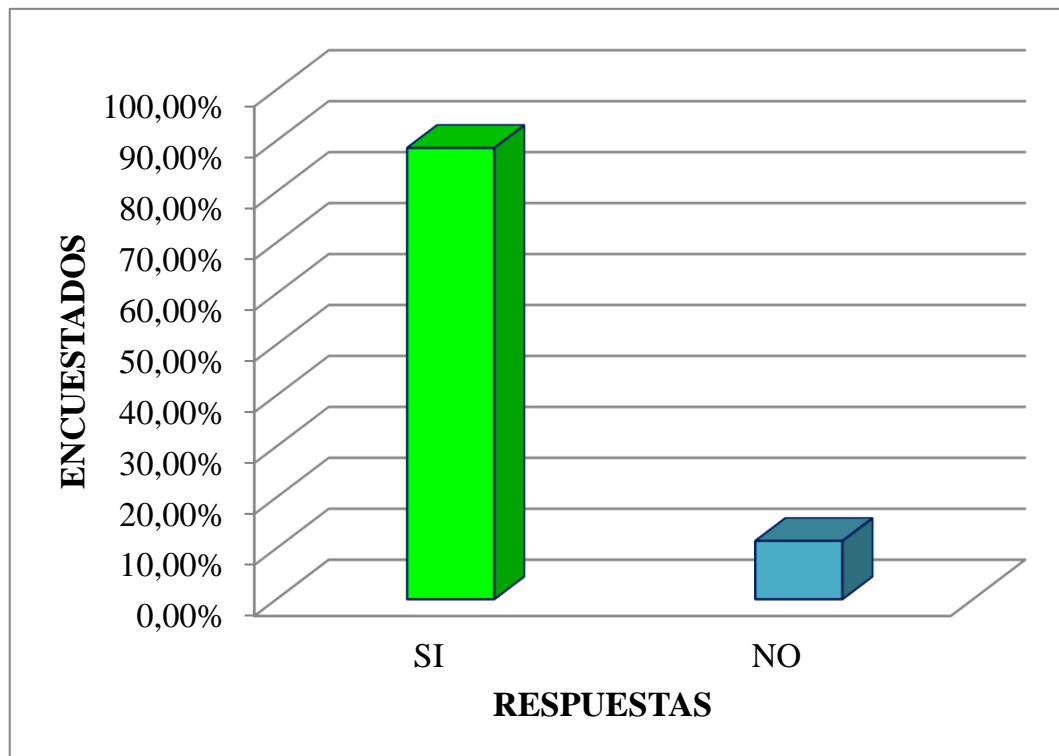


Gráfico 4.1.3 Resultados Encuesta Pregunta “c.1”.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



¿QUÉ TÉCNICA UTILIZA PARA CURAR EL HORMIGÓN?

1. CON AGUA

MUESTRA = 35,00

DÍAS

Uno	22,00	62,86%
Dos	3,00	8,57%
Tres	1,00	2,86%
SI	26,00	74,29%
NO	9,00	25,71%

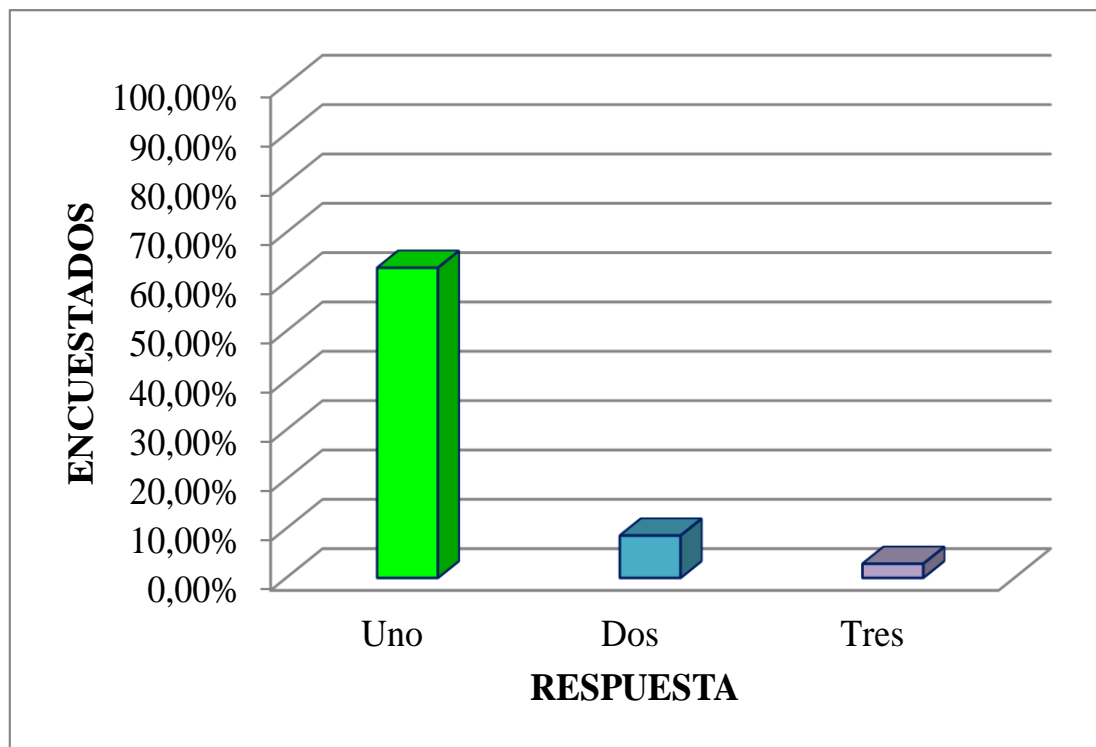


Gráfico 4.1.4 Resultados Encuesta Pregunta “c.2”.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



¿QUÉ TÉCNICA UTILIZA PARA CURAR EL HORMIGÓN?

2. MEMBRANA QUÍMICA

MUESTRA = 35,00

Marcas

Antisol de Sika

Curinsol de Aditec

Otros

SI

NO

0,00	0,00%
1,00	2,86%
0,00	0,00%
1,00	2,86%
34,00	97,14%

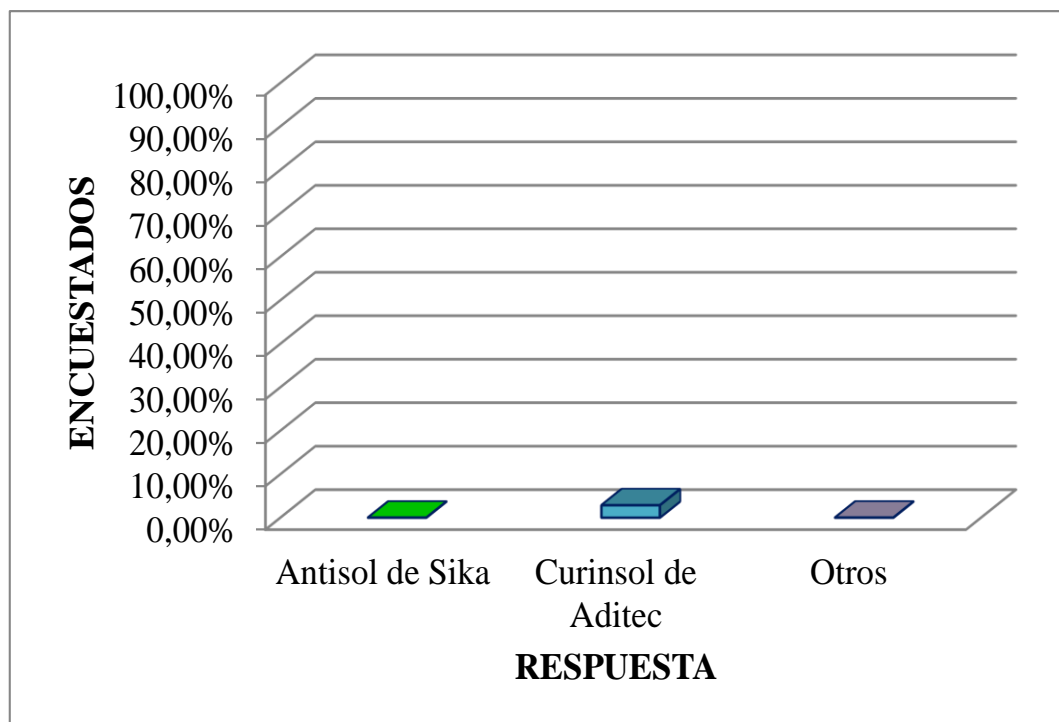


Gráfico 4.1.5 Resultados Encuesta Pregunta “d”.



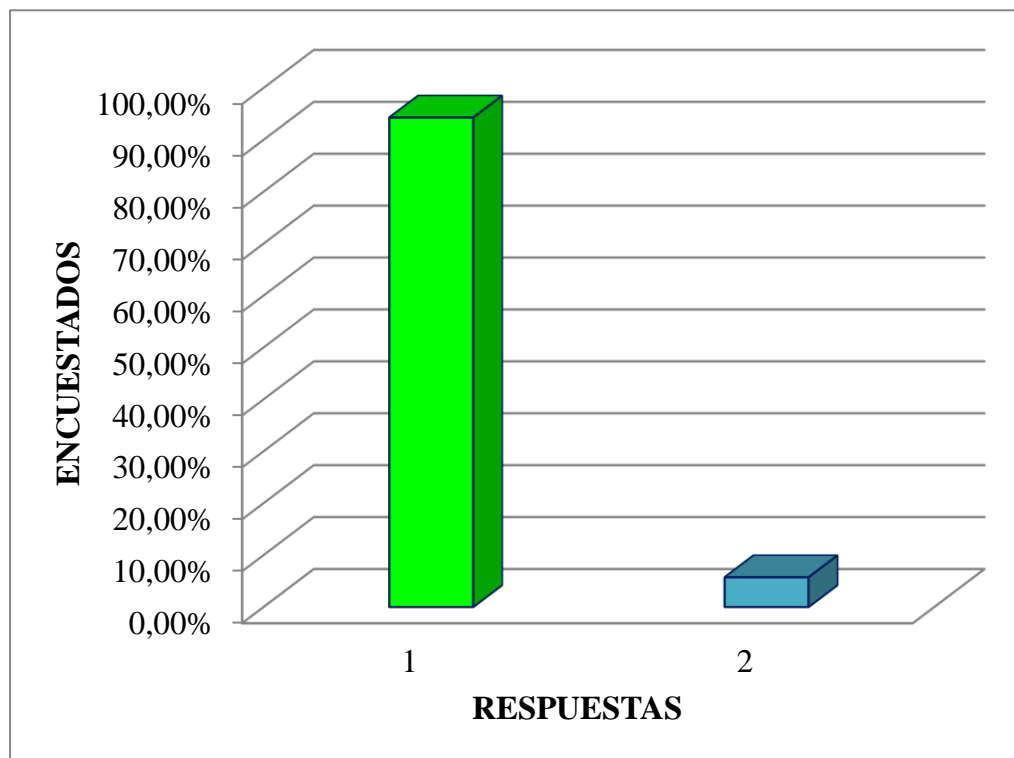
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



¿SABE, EN QUÉ INFLUYE EL CURADO EN EL HORMIGÓN?

MUESTRA = 35,00

SI	33,00	94,29%
NO	2,00	5,71%



4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.

Según los resultados obtenidos de la encuesta realizada en construcciones de más de 3 pisos, en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, sector La Matriz, se deduce que es necesaria la ejecución del presente proyecto debido a la falta de conocimiento sobre la importancia que desempeña el curado del hormigón.

PREGUNTA a.

Los resultados de la pregunta “a” determinan que el 97,14% de la muestra conoce que es curar el hormigón, mientras el 2,86% lo desconoce.

PREGUNTA b.

Los resultados de la pregunta “b” determinan que el 88,57% de la muestra utiliza algún tipo de curado cuando coloca el hormigón, y un 11,43% no realiza ninguno tipo de curado.

PREGUNTA c, LITERAL 1.

Los resultados de la pregunta c, literal 1 determinan que el 74,29% de la muestra utiliza aspersión de agua como técnica de curado en el hormigón, de éstos el 62,86% lo hace por un día, el 8,57% lo realiza durante dos días y el 2,86% por tres, mientras el 25,71% no usa este tipo de curado.

PREGUNTA c, LITERAL 2.

Los resultados de la pregunta c, literal 2 determinan que solo el 2,86% de la muestra utiliza una membrana química para curar el hormigón.

PREGUNTA “d”.

Los resultados de la pregunta “d” determinan que el 94,29% de la muestra conoce la influencia que tiene el curado el hormigón, y un 5,71% lo desconoce.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.

Una vez realizado el análisis de los resultados de la encuesta, se comprueba el desconocimiento de las bondades del curado el cual influyen en la resistencia mecánica del hormigón.

La validez de la hipótesis planteada se demuestra con los datos obtenidos a través de las encuestas y de las observaciones de campo, ha determinado que se realiza un deficiente curado.

A continuación se presenta una tabla de la comprobación de la hipótesis utilizando el método del CHI CUADRADO (X^2).

4.3.1 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS (CHI-CUADRADO).

HIPÓTESIS: El curado en el hormigón incide en las propiedades mecánicas finales.

HIPÓTESIS NULA (H_0).

El curado en el hormigón NO INCIDE en las propiedades mecánicas finales.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_1).

El curado en el hormigón SÍ INCIDE en las propiedades mecánicas finales.

Tablas 4.3.1 Resultados de la encuesta (Obtenidos).

PREGUNTAS		OBTENIDOS (O)		Σ
		RESPUESTAS (%)		
Nº Filas	Literal	SI	NO	
1	a	34,00	1,00	35,00
2	b	31,00	4,00	35,00
3	c.1	26,00	9,00	35,00
4	c.2	1,00	34,00	35,00
5	d	33,00	2,00	35,00
	Σ	125,00	50,00	175,00

4.3.1.1 Valores esperados (E)

$$E_1 = E_3 = E_5 = E_7 = E_9 = \frac{35,00 * 125,00}{175,00} = 25,00 \quad \text{Ecuación 4.3.1}$$

$$E_2 = E_4 = E_6 = E_8 = E_{10} = \frac{35,00 * 50,00}{175,00} = 10,00$$

Tablas 4.3.2 Valores esperados de la encuesta (E)

PREGUNTAS		ESPERADOS (E)	
		RESPUESTAS (%)	
Nº Filas	Literal	SI	NO
1	a	25,00	10,00
2	b	25,00	10,00
3	c.1	25,00	10,00
4	c.2	25,00	10,00
5	d	25,00	10,00

Tabla 4.3.3 Cálculo del CHI-CUADRADO (X²)

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad \text{Ecuación 4.3.2}$$

	O	E	(O-E) ²	(O-E) ² /E
1	34,00	25,00	81,00	3,24
2	1,00	10,00	81,00	8,10
3	31,00	25,00	36,00	1,44
4	4,00	10,00	36,00	3,60
5	26,00	25,00	1,00	0,04
6	9,00	10,00	1,00	0,10
7	1,00	25,00	576,00	23,04
8	34,00	10,00	576,00	57,60
9	33,00	25,00	64,00	2,56
10	2,00	10,00	64,00	6,40
			X ²	106,12

$$\text{Grados_Libertad} = Gl = (r - 1)(c - 1) \quad \text{Ecuación 4.3.3}$$

Donde:

Filas (r) = 5

Columnas (c) = 2

$$Gl = (5 - 1)(2 - 1) = 4$$

$\alpha = 0,05$

Según la TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado X^2 teórico o crítico con 4 grados de libertad al nivel 0,05 es de:

$$X^2 = 9,4877$$

Conclusión:

Como nuestro valor estadístico está en la región de rechazo (a la derecha del valor crítico) rechazamos H_0 por lo cual aceptamos la Hipótesis alternativa H_1 .

Respuesta:

El curado en el hormigón SÍ INCIDE en las propiedades mecánicas finales.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- No existe un documento que se enfoque en la importancia del curado del hormigón, como son, los factores que influyen en el mismo, las diferentes técnicas de curado existentes y sus formas de aplicarlas, etc.
- De la encuesta realizada se deduce que pese a que el 97,14 % de la muestra sabe que es curar el hormigón, el 88,57 % realiza algún tipo de curado, de este porcentaje el 74,29 % lo realiza mediante aspersion o rocío de agua, y solo el 2,86 % lo realiza de una manera técnica y adecuada.
- La encuesta también indica la falta de conocimiento del empleo de otras técnicas de curado, ya que solo el 2,86 % de la muestra utiliza membrana química para curar el hormigón.
- Se observa que no se toma en cuenta las condiciones climáticas del lugar, en nuestro estudio de la provincia del Tungurahua, cantón Ambato, para decidir el tipo de curado a emplear.
- Existe un desconocimiento de la duración de curado (curado mínimo), para las construcciones en estudio.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un análisis de las diferentes técnicas de curado del hormigón, enfocándose en cómo influye estas técnicas en la resistencia mecánica o resistencia unitaria f^c para una dosificación dada, tomando en cuenta las condiciones climáticas de la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, así como también realizar una recopilación de lo referente al curado.
- Aplicar algún tipo de curado en el hormigón colocado.
- Capacitar al personal encargado de las obras sobre la importancia del curado.

CAPÍTULO VI.

PROPUESTA.

6.1 DATOS INFORMATIVOS.

6.1.1 Título.

Análisis de las diferentes técnicas de curado del hormigón y su influencia en la resistencia unitaria $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ tomando en cuenta las condiciones climáticas de la provincia de Tungurahua

6.1.2 Institución ejecutora.

La propuesta se ejecutará con el apoyo del Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes como director de tesis y al Sr. Carlos Manobanda como proponente del proyecto.

6.1.3 Beneficiarios.

Los beneficiados con la ejecución de la propuesta son los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato Campus Huachi. Así como también los constructores que realicen estructuras de hormigón en la ciudad de Ambato.

6.1.4 Ubicación.

Los Laboratorios de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato Campus Huachi se encuentran al Sur del centro de la ciudad de Ambato, en la parroquia Celiano Monje, en las calles Av. De los Chasquis y Río Payamino, a una altitud de 2727 msnm, en las coordenadas 9860244 N y 0764505 E.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

Actualmente existen muchos estudios y teorías para la dosificación del hormigón, los mismos toman en cuenta las siguientes variables: tipo de cemento, calidad de los agregados, calidad del agua, relación agua cemento, etc. Con el fin de obtener un hormigón que cumpla con el diseño y los reglamentos y que a su vez sea económicamente equilibrado, sin tomar en cuenta lo prescindible que es el curado para este efecto.

El curado el hormigón es un tema que se menciona en todos los libros de hormigón, pero que ninguno profundiza. Por lo que la falta de información actualizada se presentó como un gran problema.

6.3 JUSTIFICACIÓN.

Tradicionalmente, hablar de curado del hormigón es hablar de humedecer el hormigón, se desconocen otras posibilidades pues si bien, el mantener el hormigón húmedo es la mejor manera de curado, no siempre es aplicable y con frecuencia es utilizada en forma parcial e incompleta.

El curado es uno de los factores más importantes dentro de la elaboración del hormigón, ya que éste es el responsable de cuidar el grado de humedad y las condiciones térmicas durante el fraguado, para que éste desarrolle sus propiedades potenciales. Ya que un hormigón adecuadamente dosificado, amasado y vertido, pero inadecuadamente curado alcanza resistencia inferiores al 50% de la que alcanza un hormigón con un curado técnicamente realizado.

Además, no existe una fuente que recoja las diferentes técnicas de curado a ser aplicadas para las diferentes condiciones medioambientales, únicamente existen referencias aisladas de cada sistema. Esto justifica plenamente la realización de este estudio.

6.4 OBJETIVOS.

6.4.1 Objetivo general.

- Analizar las diferentes técnicas de curado del hormigón, considerando las condiciones climáticas de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua tomando como referencia la propiedad mecánica resistencia unitaria $f'c$.

6.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar la propiedades del agregado fino (arena) y el agregado grueso (ripio) de la “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias” necesarias para la dosificar un hormigón de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- Determinar la densidad del cemento “SELVALEGRE”.
- Dosificar correctamente el hormigón para alcanzar una resistencia de: $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- Realizar mediciones de la consistencia con el Cono de Abrams para conseguir un asentamiento de 6,00 a 9,00 centímetros.
- Fabricar, manejar y conservar correctamente las probetas cilíndricas de hormigón.
- Recopilar información del curado como: definiciones, importancias, factores que influyen, técnicas, es decir, todo lo que envuelve el tema.
- Aplicar el curado a las probetas de hormigón empleando:
 - Membranas Químicas (SIKA-Antisol Blanco y ADITEC-Curinsol);
 - Membranas Plásticas utilizando plástico transparente y plástico negro;
 - Aspersión de agua durante cuatro días y siete días después de la fabricación;
 - Material saturado utilizando arena;

- Tela mojada con yute;
 - En la cámara de curado en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.T.A.;
 - Sin ningún tipo de curado.
- Determinar el tiempo de curado mínimo considerando las condiciones climáticas de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua empleando la norma EHE-O8. Instrucción de Hormigón Estructural.
 - Realizar el ensayo de resistencia a la compresión simple de las probetas luego de transcurridos cuatro, siete y veintiocho días después de la fabricación.
 - Definir las ventajas y desventajas de las técnicas de curado estudiadas.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

Es aplicable la propuesta en base a las siguientes consideraciones:

- La importancia que tiene el curado en el hormigón se subestima.
- No existe una fuente que muestre la verdadera importancia del curado y que recoja las diferentes técnicas para las condiciones climáticas de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

6.6 FUNDAMENTACIÓN.

6.6.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla, y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado (curado), es por esto que se hace indispensable realizar un estudio los mismos.

Tabla 6.6.1 Ensayo de los agregados.

ENSAYO.	NORMA.	A. FINO	A. GRUESO
Abrasión	ASTM C-131 (NTE INEN 0861:83)		X
Densidad real y Peso específico	ASTM C-127 y C-128	X	X
Capacidad de Absorción	ASTM C – 70 (NTE - INEN 0856 y 0857)	X	X
Contenido de Humedad.	A.S.T.M. C-566 (NTE INEN 0862:83)	X	X
Densidad Aparente Suelta y Compactada	A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83)	X	X
Granulometría	ASTM C -136, C-33, C-125	X	X
Densidad del Cemento	ASTM C – 188		

6.6.1.1 Ensayos de Abrasión.

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas más importantes en el diseño de mezclas es la resistencia a la abrasión o desgaste del agregado grueso.

Este ensayo da a conocer del agregado grueso el porcentaje de desgaste que éste sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas con esferas de acero. Esto nos indica la durabilidad y la resistencia y si es el adecuado para la fabricación del hormigón.

La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Para determinar la dureza se utiliza un método indirecto más conocido como el de la Máquina de los Ángeles.

- Ensayos de abrasión del agregado grueso ASTM C-131 (NTE INEN 0861:83)

Preparación de la muestra. Se toma una cantidad determinada del agregado seco y se coloca junto con la carga abrasiva (carga de bolas de acero cada una de ellas debe pesar entre 390 y 445 gramos) dentro del cilindro (Máquina de los Ángeles), se hace girar éste con una velocidad entre 30 y 33 rpm, girando hasta completar 500 vueltas teniendo en cuenta que la velocidad angular es constante.

Después del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y retirar las esferas. Hacer una separación preliminar del material, tamizándolo por la malla No. 4. El material que pasó la malla No. 4, tamizarlo por la malla No. 12. El material que se retuvo en la malla No. 4, mezclarlo con el que retuvo la No. 12. El material que retuvo la malla No. 12, lavarlo para quitarle los finos adheridos a las partículas. Una vez lavado el material, colocarlo en el horno durante 24 horas hasta secarse a peso constante, a una temperatura de 105° C a 110° C, y se pesa.

Se expresa la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de prueba como un porcentaje del peso original. Se reporta este valor como el porcentaje de pérdida por abrasión.

$$Pérdida _ máxima = \frac{P.inicial - P.final}{P.inicial} * 100 \quad \text{Ecuación 6.6.1}$$

6.6.1.2 Densidad Real o Peso Específico.

La densidad es una propiedad física que está dada por la relación entre peso y volumen de una masa determinada, dicha propiedad es importante tanto para los agregados gruesos como para los finos.

Generalmente estas partículas de agregado tienen poros saturables como no saturables, dependerá de la permeabilidad interna para encontrarse; secos, parcialmente saturados o totalmente saturados.

Hay tres tipos de densidades que se determinan en la relación entre la masa y el volumen del material.

Densidad Real.- Se define como la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Densidad Aparente.- Definida como la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros saturables y no saturables, pero sin incluir los vacíos entre las partículas y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Densidad Aparente (SSS).- La relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, después de la inmersión en agua durante 24 horas para que no incluya vacíos entre las partículas, comparando con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

- Ensayos de densidad real y peso específico del agregado grueso NTC-176 (ASTM C-127)

Preparación de la muestra. Se toma una cantidad determinada del agregado y se sumergen durante 24 horas en agua para llenar los poros del material. El material retenido se seca superficialmente para quitar el exceso de agua por encima del de saturación. Siendo ésta la masa saturada superficialmente seca.

Se determina luego la masa del material suspendido y sumergido en agua, finalmente el material se lleva a un secado en horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

- Ensayos de densidad real y peso específico del agregado fino NTC-237 (ASTM C-128)

Preparación de la muestra. Se toma el agregado y se sumerge durante 24 horas en agua para llenar los poros del material. Luego se somete a un secado lento al aire para eliminar el exceso de agua por encima del de saturación.

A medida que la muestra va perdiendo humedad se debe evaluar periódicamente el momento en que está en condiciones de saturada superficialmente seca.

El método consiste en verificar si al llenar el molde tronco cónico y compactar con 25 golpes distribuidos en tres capas con el pisón indicado la muestra conserva su forma, se derrumba totalmente o solo se derrumba la parte superior.

Si la muestra conserva la forma todavía está húmeda, si se derrumba totalmente está seca y si se derrumba solo la parte superior está en la condición de saturación requerida.

Una vez que se logra esta condición de masa saturada superficialmente seca se llevan al frasco volumétrico para medir el volumen de agua desalojado. Se completa el frasco con agua hasta la marca y se pesa. La muestra se extrae del frasco y se lleva a un secado en horno a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante.

6.6.1.3 Capacidad de Absorción.

Todas las partículas de los agregados tienen porosidades capilares superficiales; estas porosidades capilares atraen al agua que se encuentra en el medio y las partículas que llamamos “secas al aire”, en realidad tienen sus poros capilares con agua, en armonía con la humedad ambiental y es variable.

Para realizar la corrección de agua dentro del diseño de mezclas, es necesario conocer el porcentaje de absorción del agregado y el contenido de agua en obra. Estos valores se acostumbra calcularlos en base al material secado en hornos que es una constante del material.

- Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso y fino. A.S.T.M. C – 70 (NTE - INEN 0856 y 0857)

La capacidad de absorción de los agregados es obtenida mediante un proceso que consiste, primero, en encontrar la cantidad de agua que captan las partículas de los agregados, colocando los agregados en agua durante 24 horas para proceder a secar llegando al estado saturado con superficie seca o estado (SSS); luego el granulado debe ser colocado en un horno, durante 24 horas, con una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. El resultado queda expresado como un porcentaje de peso de la muestra seca.

6.6.1.4 Contenido de Humedad.

Los agregados, son materiales constitutivos del hormigón, se los encuentran en estado natural. Dependiendo de la zona o lugar de emplazamiento del material; su grado de humedad en la masa del agregado, variará según las condiciones climáticas.

- Ensayo de contenido de humedad de los agregados grueso y fino. A.S.T.M. C-566 (NTE INEN 0862:83)

El método consiste en pesar las muestras en estado natural y luego en estado seco; de esta forma, determinamos un porcentaje de humedad total. Este grado de humedad será directamente proporcional a la porosidad, se podrá deducir los siguientes estados:

- a) Totalmente seco: Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante, luego de un período de 24 horas.
- b) Parcialmente seco: Se lo encuentra en estado natural (exposición al aire libre).
- c) Saturado y superficialmente seco (SSS): Es un estado límite de humedad en los agregados, consiste en saturar los poros con agua pero la superficie debe encontrarse seca. El mencionado, estado solo se logra en laboratorio, con fines de investigación.
- d) Sobresaturado: Los agregados están llenos de agua, además, existe agua libre en la superficie.

La humedad libre, es la capa superficial de agua que rodea al agregado, igual a la diferencia entre humedad total y absorción del agregado; la humedad total se define como, la cantidad total que posee un agregado. Cuando la humedad libre es positiva, el agregado está aportando agua a la mezcla; si es negativa, el agregado está quitando agua a la mezcla

6.6.1.5 Densidad aparente suelta y compactada.

La densidad de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen determinado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado.

Entonces, se dice que es, la relación entre el número de partículas en un volumen dado, la Densidad aparente suelta será de menor proporción a la Densidad Compactada, debido a que el número de partículas sueltas dentro de un determinado volumen tiene mayor relación de vacíos, provocando un peso menor, en la masa que ocupará el volumen del recipiente.

Mientras que para la Densidad Compactada del mismo material, el peso será mayor, ya que al momento de su compactación, se reduce considerablemente la relación de vacíos que existe en el mismo volumen y por lo tanto su densidad aumentará. Conocer este tipo de densidades nos ayuda para los cálculos del diseño de mezclas.

- Ensayo de densidad aparente suelta y compactada de los agregados grueso y fino. A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83).

Densidad suelta.- Llene el recipiente con el agregado ya sea fino o grueso únicamente con la pala desde una altura que no exceda las 2 pulg. (50 mm) sobre la parte superior del recipiente. Evite al máximo la segregación de las partículas de la muestra. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las proyecciones de las piezas grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparecen bajo la superficie del recipiente.

Determine la masa del recipiente con su contenido y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,1 lb (0,05 kg) más cercana.

Densidad compactada.- Llene un tercio del recipiente y nivele la superficie con los dedos. Apisone la capa de áridos con 25 golpes de pisón distribuidos en forma pareja sobre la superficie.

Llene el segundo tercio del recipiente y nuevamente nivele y apisone de la manera indicada. Finalmente, llene el recipiente hasta rebalsar y apisone de la manera señalada. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las partículas más grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparezcan en la superficie.

Al apisonar la primera capa, no se debe apisonar o golpear violentamente el fondo del recipiente.

Al apisonar la segunda y tercera capa, hágalo vigorosamente, pero sin que el pisón atraviese la capa previa de áridos. Determine la masa del recipiente con su contenido, y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,1 lb (0,05 kg) más cercana.

Densidad de la mezcla compactada.- También se determina el peso unitario de la mezcla de los agregados, para lo cual se irá mezclando proporcionalmente los agregados grueso y fino (90% de grueso y 10% de fino). Esta operación se la realiza hasta cuando el peso de la muestra baje, esto significa que el peso de la muestra será menor.

Luego de realizada la mezcla se siguen los paso de la densidad compactada.

6.6.1.6 Granulometría.

La granulometría adecuada para un hormigón consiste en una combinación adecuada de tamaño de las partículas, debiendo cumplir con el postulado de que el agregado debe ocupar el mayor volumen posible dentro del hormigón.

Los vacíos que se forman dentro de la masa de hormigón debido a la variedad de tamaños de los agregados, interviene en la docilidad de la mezcla; ya que, para obtener un hormigón de buena calidad, debemos tener una variedad de tamaños en los diferentes agregados de la mezcla, ya que, si no cumplen con ciertas consideraciones granulométricas, los espacios vacíos deberán llenarse con pasta haciendo un hormigón costoso.

El Ing. Norteamericano D. A. Abrams fue uno de los primeros en investigar la granulometría de los agregados y propuso un procedimiento para determinar la distribución de partículas que produce resultados satisfactorios.

El procedimiento propuesto consiste en separar, mediante tamices, los diferentes tamaños de las partículas y luego reagruparlos en determinados porcentajes. Este procedimiento ha sido adoptado casi mundialmente, aunque con algunas variantes.

Las normas ASTM que hicieron suyo este procedimiento, recomiendan el uso de tamices de aberturas cuadradas.

- Ensayo de granulometría de los agregados fino y grueso. ASTM C -136, ASTM C-33, ASTM C – 125 (INEN 872).

El procedimiento consiste en colocar los tamices (Tablas 6.6.2) en serie, uno sobre otro, poner el material calibrado sobre el tamiz mayor y realizar las operaciones de agitado, luego se pesa el retenido en cada tamiz, se calcula el porcentaje que y se compara con curvas granulométricas establecidas.

Tabla 6.6.2 Tamaños de los tamices INEN y sus equivalencias norma ASTM.

NORMA INEN	NORMA ASTM
53 mm.	2 ½ y 2 pulg.
37.5 mm.	1 ½ pulg.
26.5 mm.	1 pulg.
19 mm.	¾ pulg.
13.2 mm.	½ pulg.
9.5 mm.	3/8 pulg.
4.75 mm.	Nº 4
2.36 mm.	Nº 8
1.18 mm.	Nº 16
0.60 mm.	Nº 30
0.30 mm.	Nº 50
0.150 mm.	Nº 100
0.075 mm.	Nº 200

La Curva Granulométrica representa en el eje de las ordenadas el porcentaje acumulado que pasa el tamiz y en el eje de las abscisas las aberturas del tamiz en escala logarítmica.

De las curvas granulométricas se obtiene dos criterios fundamentales que son básicos para el diseño de mezclas, estos son, el tamaño nominal máximo para el agregado grueso y el módulo de finura para el agregado fino.

Tabla 6.6.3 Requisitos granulométricos para el agregado grueso.

TAMIZ		LÍMITE (% QUE PASA)	
ASTM C - 33	Abertura (mm)	Inferior	Superior
2 ”	53	100	100
1 ½ ”	37,5	95	100
1 ”	26,5	-	-
¾ ”	19	35	70
½ ”	13,2	-	-
3/8 ”	9,5	10	30
# 4	4,75	0	5

Tamaño máximo: Es la primera malla por la que pasa todo el agregado grueso pero se retiene el 5% o menos, en la malla siguiente.

Tabla 6.6.4 Requisitos granulométricos para el agregado fino.

TAMIZ		LÍMITE (% QUE PASA)	
ASTM C - 33	Abertura (mm)	Inferior	Superior
3/8"	9,5	100	100
#4	4,75	95	100
#8	2,36	80	100
#16	1,18	50	85
#30	0,6	25	60
#50	0,3	10	30
#100	0,15	2	10

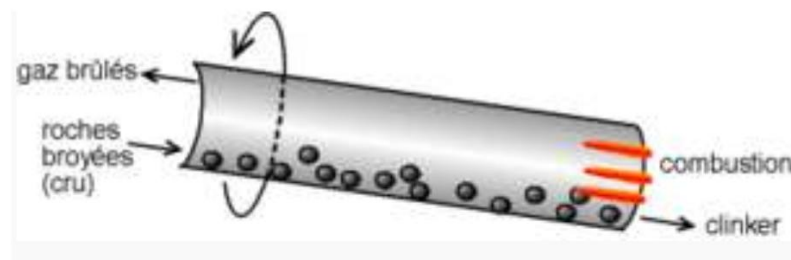
Módulo de Fineza (Agregado Fino): Es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°. 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividido entre 100.

El Módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representando el valor más alto una granulometría gruesa.

6.6.2 DENSIDAD DEL CEMENTO.

Cementos Pórtland.- Es un ligante hidráulico inorgánico (es decir, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua), polifásico artificial, que se obtiene a partir de un producto intermedio denominado clínker, el cual se produce mediante la cocción a, aproximadamente, 1480 °C, generalmente en hornos rotatorios denominados horno Kilm, de una mezcla en proporciones preestablecidas de carbonato de calcio (caliza) y de un aluminio silicato (arcillas o margas) u otros materiales de una composición global similar y con la reactividad suficiente, previamente molidos y homogeneizados.

Gráfico 6.6.1 Esquema de un horno de KILM.



La densidad absoluta de un cuerpo es la relación entre la masa y el volumen que ocupa. Densidad relativa es la relación entre la masa de un cuerpo y la masa de agua a 4 °C que tiene el mismo volumen que el cuerpo.

- Ensayo de Densidad del cemento. ASTM C – 188 (NTE INEN 0156-09 2R).

Para determinar la densidad emplearemos el método del Picnómetro, el cual es de gran utilidad para el cálculo de la densidad de productos pulverulentos, como puede ser: cemento, arena, etc.

6.6.3 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN.

La dosificación es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que conforman el hormigón, con el fin de obtener los mejores resultados y un máximo de las propiedades esperadas. Por lo tanto, los materiales se escogen, con el fin de conseguir las características esperadas en la mezcla y mediante una adecuada dosificación, se consiguen adecuadas propiedades en el hormigón.

Al dosificar el hormigón se debe tener en cuenta tres factores fundamentales: la resistencia que se desea alcanzar, la consistencia y el tamaño de los agregados, que son los datos a partir de los cuales hay que determinar la cantidad adecuada de agua, cemento, y áridos disponibles para obtener el hormigón deseado al más bajo costo posible.

El diseño de mezclas tiene como objetivo fundamental, encontrar una mezcla que, “utilizando la menor cantidad de pasta (agua-cemento)”, reúna las condiciones de trabajabilidad de la mezcla fresca y de resistencia, durabilidad, impermeabilidad, etc., de la masa endurecida. Cualquier dosificación mal establecida lleva a consecuencias negativas: mayor e innecesario costo, más agua de exudación y por tanto superficies débiles, mayor cantidad de vacíos en el hormigón duro y seco que producirán más vulnerabilidad a la humedad y al ataque de agentes agresivos y mayor retracción de fraguado.

Existen varios métodos para diseñar una dosificación; en esta investigación se utilizara el Método de la Densidad Máxima más conocido como el Método del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central del Ecuador. Cabe mencionar que la dosificación se puede hacer en volumen o en peso.

- **Dosificación al Volumen y al Peso.**

Teóricamente al realizar este tipo de dosificaciones se obtendría un hormigón compacto e impermeable: en el caso de la dosificación al volumen se parte del volumen de la grava cuyos huecos indicará el volumen de la arena, y los vacíos de ésta indicará el volumen de la pasta de cemento.

Por su parte la dosificación al peso cumple la misma función de la dosificación al volumen pero ésta se expresa en un peso. La resistencia dependerá de la naturaleza de los áridos y la que proporcione el cemento, en función de la cantidad de agua de amasado (Relación AGUA/CEMENTO).

- **Relación Agua / Cemento.**

La relación agua/cemento constituye un parámetro importante de la composición del hormigón ya que éste tiene influencia directa sobre la resistencia, la durabilidad, los coeficientes de retracción y de fluencia.

La relación agua/cemento es el coeficiente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el hormigón fresco. O sea que se calcula dividiendo la masa del agua para la del cemento contenidas en un volumen dado de hormigón.

$$R = \frac{a}{c} \quad \text{Ecuación 6.6.2}$$

a = Masa del agua del hormigón fresco

c = Masa del cemento del hormigón

Esta relación crece cuando aumenta la cantidad de agua y decrece cuando aumenta el contenido de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua / cemento tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

6.6.3.1 Método del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central del Ecuador.

Este método, propuesto por Foulner y Thompson y complementado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central del Ecuador, recomiendan realizar el diseño de mezclas por medio del método de la densidad máxima, ya que en nuestro medio existen agregados gruesos y finos, en los que su granulometría, no están dentro de los límites especificados por la curva granulométrica.

Este método, consiste en usar una combinación de agregado grueso y agregado fino, en donde se obtenga la menor cantidad de vacíos, los cuales serán llenados en la mezcla de hormigón por medio de agua y cemento. Esta combinación, se obtiene mediante el ensayo de densidad óptima de los agregados.

Para realizar este método, necesitamos la información de las características físico-mecánicas de los agregados obtenidos en los ensayos de laboratorios, así como también, la consistencia. Un volumen aparente de agregado grueso que contiene un cierto porcentaje de vacíos entre partículas, que debe ser llenado por agregado fino.

Una mezcla de agregado fino y grueso, correspondiente a su densidad óptima, deja un porcentaje de vacíos que deben ser llenados por la pasta de cemento y agua. Pero esta pasta no solo debe ocupar los vacíos que deja la mezcla de agregados, sino que debe recubrir todas y cada una de las partículas, constituyendo el enlace o nexo de unión entre partículas.

6.6.3.1 Desarrollo de la dosificación por el Método de la Universidad Central del Ecuador.

1. Seleccionar la relación agua/cemento (W/C), de la siguiente tabla:

Tabla N° 6.6.5 Resistencia a la compresión del hormigón basada en la W/C.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS EN Mpa	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS EN Kg/cm ²	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
45,00	458,86	0,37
42,00	428,27	0,40
40,00	407,87	0,42
35,00	356,89	0,46
32,00	326,30	0,50
30,00	305,90	0,51
28,00	285,51	0,52
25,00	254,92	0,55
24,00	244,72	0,56
21,00	214,13	0,58
18,00	183,54	0,60

“FUENTE: Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón Ing. Marco Garzón C. Año 2010. (La relación agua/cemento para las diferentes resistencias fueron reajustadas en función de los resultados de los ensayos de compresión, en muestras preparadas con cemento Tipo IP que se produce en el país.)”.

2. Se determina la densidad real de la mezcla de los agregados grueso (Ripio) y fino (Arena), el porcentaje óptimo de vacíos y el volumen de vacíos mediante las siguientes ecuaciones:

$$DRM = \frac{DRA * POA}{100} + \frac{DRR * POR}{100} \quad \text{Ecuación 6.6.3}$$

$$POV = \frac{DRM - DAO}{DRM} * 100 \quad \text{Ecuación 6.6.4}$$

$$VV = POV * 10 \quad \text{Ecuación 6.6.5}$$

Donde:

DRM = Densidad real de la mezcla de los agregados grueso (Ripio) y fino (Arena).

DRA = Densidad en estado SSS del Agregado fino (Arena).

DRR = Densidad en estado SSS del Agregado grueso (Ripio).

POA = Porcentaje Óptimo del agregado fino (Arena).

POR = Porcentaje Óptimo del agregado grueso (Ripio).

POV = Porcentaje Óptimo de vacíos.

DAO = Densidad Aparente Óptima de la mezcla.

VV = Volumen de vacíos.

3. De la siguiente tabla se determina el valor de K en función del asentamiento y se calcula la cantidad de pasta mediante la siguiente ecuación.

Tabla 6.6.6 Coeficiente K para distintos asentamientos.

Consistencia	Asentamiento (cm)	Factor K
Seca	0 a 3	1,04
Buena	3 a 6	1,08
Óptima	6 a 9	1,11
Fuida	9 a 12	1,13
Líquida	12 a 15	1,14

FUENTE: Laboratorio de Ensayo de Materiales U.T.A.

$$CP = VV * K \quad \text{Ecuación 6.6.6}$$

Donde:

CP = Cantidad de pasta.

K = Coeficiente en función del asentamiento.

4. Una vez obtenida la cantidad de pasta, se procede a calcular la masa de cemento, arena y ripio para un volumen de un metro cúbico de hormigón, usando las siguientes ecuaciones:

$$C = \frac{CP}{\frac{a}{c} + \frac{1}{DC}} \quad \text{Ecuación 6.6.7}$$

Donde:

C = Masa de cemento.

DC = Densidad del cemento.

- 4.1. Cantidad de agua de mezclado (W)

$$W = \left(\frac{a}{c}\right) * C \quad \text{Ecuación 6.6.8}$$

4.2. Cantidad de agregado fino (A)

$$A = (1000) - CP * \frac{POA}{100} * DRA \quad \text{Ecuación 6.6.9}$$

4.3. Cantidad de agregado grueso (R)

$$R = (1000 - CP) * \frac{POR}{100} * DRR \quad \text{Ecuación 6.6.10}$$

5. Con los valores de W, A, R y C de determina la dosificación al peso, utilizando los siguientes pasos:

5.1. Se debe encontrar un factor de agua (fW), arena (fA) y ripio (fR) para 1,00 saco de cemento, aplicando la siguiente relación:

CANTIDAD POR 1 m ³ (Kg)	DOSIFICACIÓN AL PESO
Cantidad de material de mezclado	fW, fA, fR (Incógnita)
Masa de Cemento	1

$$fW, fA, fR = \frac{\text{Cantidad material de mezclado (W, A, R)}_{1,00 \text{ m}^3}}{\text{Masa de Cemento(C)}} \quad \text{Ecuación 6.6.11}$$

5.2. Con el factor de agua (fW), arena (fA) y ripio (fR), se determinan las cantidades para 1,00 saco de cemento, aplicando la siguiente relación:

CANTIDAD POR 1 SACO (Kg)	DOSIFICACIÓN AL PESO
Cantidad de material por 1 saco	fW, fA, fR
50	1

$$W_{1saco}, A_{1saco}, R_{1saco} = \frac{fW, fA, fR * 50,00Kg}{1,00} \quad \text{Ecuación 6.6.12}$$

6. Finalmente conociendo la capacidad de absorción y el contenido de humedad de los agregados, se efectuará la corrección respectiva a la dosificación. Esto se da debido a que en una mezcla de hormigón, la humedad de los agregados forman parte del agua para mezclado. Asimismo, un agregado seco absorbe un poco del agua para mezclado.

Esta corrección se la realiza con las siguientes fórmulas:

- 6.1. Corregir los valores de los agregados grueso (Ripio) y fino (Arena) empleando las siguientes ecuaciones:

$$A_{1saco_corregido} = A_{1saco} \left(\frac{100 + PHA}{100 + PAb.A} \right) \quad \text{Ecuación 6.6.13}$$

$$R_{1saco_corregido} = R_{1saco} \left(\frac{100 + PHR}{100 + PAb.R} \right) \quad \text{Ecuación 6.6.14}$$

- 6.2. Luego se determina la cantidad de agua en los agregados grueso (Ripio) y fino (Arena) empleando las siguientes ecuaciones:

$$WA = A_{1saco_corregido} * \frac{PHA - PAb.A}{100 + PAb.A} \quad \text{Ecuación 6.6.15}$$

$$WR = R_{1saco_corregido} * \frac{PHR - PAb.R}{100 + PAb.R} \quad \text{Ecuación 6.6.16}$$

Donde:

WA = Corrección del agua del arena.

PHA = Porcentaje de humedad del arena.

PAb.A = Porcentaje de absorción del arena.

WR = Corrección del agua del ripio.

PHR = Porcentaje de humedad del ripio.

PAb.R = Porcentaje de absorción del ripio.

- 6.3. Después se debe corregir la cantidad de agua en la mezcla, para esto se cambia los signos de WA y WR, y se realiza una sumatoria, esto se da debido a que si el signo es negativo, significa que necesita agua y si es positivo, tiene mucha agua:

$$W_{1saco_corregido} = W_{1saco} + [-(WA) - (WR)] \quad \text{Ecuación 6.6.17}$$

6.6.3 CONSISTENCIA.

El revenimiento se utiliza como una medida de la consistencia del hormigón, un hormigón de bajo revenimiento tiene una consistencia dura.

En la práctica de la construcción, los elementos esbeltos de hormigón y los elementos del hormigón fuertemente reforzados requieren de mezclas trabajables (pero jamás se debe utilizar mezclas similares a una sopa) para tener facilidad en su colocación.

Una consistencia inadecuada puesta en obra, puede provocar la aparición de zonas sin rellenar, porosidad, armadura sin cubrir, segregaciones, etc. Se necesita una mezcla plástica para tener resistencia y para mantener su homogeneidad durante el manejo y la colocación.

Mientras que una mezcla plástica es adecuada para la mayoría de los trabajos con hormigón, se pueden utilizar aditivos súper fluidificantes para adicionar fluidez al hormigón y colocarlo en miembros esbeltos o fuertemente reforzados. La consistencia está en función de:

- Agua de amasado. Cuanto mayor sea ésta, menor será la consistencia.
- Tamaño máximo del árido. Entre mayor es el tamaño del árido, mayor es la cantidad de agregado fino y por ende más agua.
- Granulometría. A más cantidad de agregado fino mayor consistencia.
- Forma de los áridos. Redondeados

Entonces se puede decir que la consistencia es la oposición que presenta el hormigón fresco a experimentar deformaciones, el cual se mide en términos de asentamiento A.S.T.M. C-143 (NTE INEN 1578:2010).

Al seleccionar la consistencia adecuada, deberá usarse el asentamiento más reducido posible, compatible con la adecuada colocación del hormigón en obra.

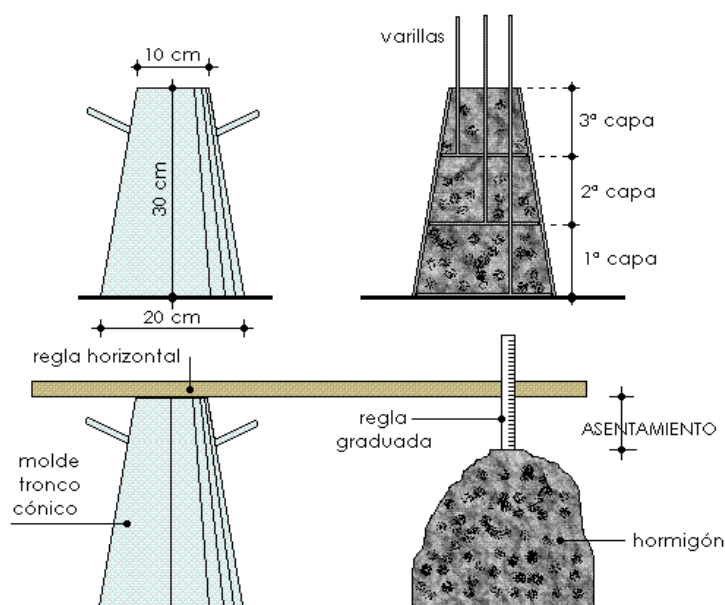
Los valores de asentamiento que se recomiendan usando el Cono de Abrams, están dados en la siguiente tabla:

Tabla 6.6.7 Resumen de Resistencias y Asentamientos.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS EN Kg/cm ²	ASENTAMIENTO (mm)				
	180	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12
210	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15
240	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15
280	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15
300	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15
350	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15
CONSISTENCIA	Seca	Plástica	Blanda	Fluida	Líquida

La determinación de la consistencia del hormigón fresco se debe realizar mediante el “Cono de Abrams”, sin áridos de tamaño superior a 40 mm, con un molde metálico de forma tronco cónico de acero galvanizado estandarizado, cuyas dimensiones son: Diámetro de la base mayor 200 mm, Diámetro de la base menor 100 mm, Altura 300 mm.

Gráfico 6.6.2 Esquema de ensayo del Cono de Abrams.



(fig. MVI-1)

- Ensayo de asentamiento A.S.T.M. C-143 (NTE INEN 1578:2010).

Se coloca el molde sobre una chapa humedecida; se llena dicho molde en tres capas de 1/3 de la altura, y que se compactan cada una mediante 25 golpes, luego se retira cuidadosa y rápidamente se mide la diferencia de la altura entre el molde y el punto más alto de la masa de hormigón

Para edificaciones se recomienda que el asentamiento en el Cono de Abrams, no sea inferior a 6 cm. (blanda). Los hormigones para bombeo el asentamientos no sea menor a 10 cm (blanda); y para los hormigones vistos de consistencia fluida, se puede aumentar el asentamiento si se emplean aditivos súper fluidificantes.

6.6.4 FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN.

La resistencia a compresión del hormigón se mide para asegurar que este cumpla con los requisitos de las especificaciones de la obra y para el control de calidad. Para probar la resistencia a compresión del hormigón se elaboran especímenes cilíndricos de prueba de 15 x 30 cm y se almacenan hasta que el concreto se endurece. Para obtener resultado dignos de confianza se deberán seguir las siguientes reglas las cuales están descritas en la norma ASTM C-31:

- Se deben utilizar moldes no adsorbentes, de 15 centímetros de diámetro por 30 centímetros de altura. Es obligatorio hacer un mínimo de 3 cilindros por cada mezcla cuya resistencia se controle a los 28 días.
- Llenar los moldes mediante tres capas de igual volumen y compactar cada capa con una varilla metálica lisa de 16 mm de diámetro, de 60 centímetros de longitud y de extremos redondeados, hasta su llenado total, dando 25 golpes por cada capa. Los golpes con la varilla compactadora deberán producirse de tal forma, que la capa que esté compactándose penetre ligeramente en la capa subyacente.

Además, a cada capa se deben dar de 12 a 15 golpes ligeros por la parte exterior del cilindro, y distribuirlos a su alrededor, con un maso de goma o hule.

- Después del proceso de llenado y compactado se debe enrazar dejando la cara lisa de tal forma que cumpla con el acabado requerido.
- Finalmente los cilindros se dejan endurecer lo suficiente para resistir el manejo; esto debe hacerse por lo menos durante 24 horas después de la fabricación.

6.6.5 FRAGUADO Y ENDURECIDO DEL HORMIGÓN.

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento.

El fraguado y endurecimiento no son más que dos estados separados convencionalmente; en realidad solo hay un único proceso de hidratación continuo.

A partir de entonces el endurecimiento continúa dominado por estas estructuras coloidales que envuelven los granos del cemento y a través de las cuales progresa la hidratación hasta el núcleo del grano.

- **Etapas del proceso de fraguado y endurecido.**

En este proceso evolutivo se distinguen tres etapas principales:

1. Etapa antes del fraguado.- El hormigón se presenta como una mezcla blanda, en la cual se pueden hacer todas las operaciones constructivas: mezclado, colocación y compactación.
2. Etapa de fraguado.- La mezcla aumenta progresivamente de consistencia, para convertirse en una masa rígida que ya no es moldeable, pero que aún

no adquiere resistencia mecánica apreciable. Durante esta etapa se realiza los procesos de acabados.

3. Después del fraguado.- Esta etapa es la del endurecimiento, en la que el hormigón evoluciona para adquirir la resistencia mecánica y demás propiedades inherentes. Esta etapa requiere de muchos cuidados, como son proveerle de los medios adecuados para que siga produciéndose con normalidad la hidratación del cemento.

- **Evolución del fraguado.**

En términos físicos el fraguado es la condición adquirida paulatinamente por el hormigón, cuando ha perdido plasticidad en un grado arbitrario, definido normalmente en función de la resistencia a la penetración o de su deformación.

Un procedimiento que mide la evolución del fraguado la cual se da conforme se rigidiza es el de la resistencia a la penetración con aguja de tipo Proctor.

Mediante la aplicación de este procedimiento, es posible definir dos estados de rigidez del hormigón que convencionalmente se definen como: fraguado inicial y fraguado final.

- **Evolución del endurecimiento.**

Físicamente el hormigón al finalizar el fraguado es un material rígido pero frágil, con una incipiente resistencia mecánica que medida a compresión no suele exceder a 7 kg/cm².

A partir de este momento los productos de hidratación llamados gel de cemento comienzan a formar “puentes” a través de los espacios entre los granos de cemento y entre éstos a las partículas para dar rigidez a la masa de hormigón. A continuación, y a medida que sigue desarrollándose, estos productos ocupan los espacios micro-interciales para reducir progresivamente la porosidad de la pasta hidratada, generando en ellas las propiedades mecánicas que también se hacen extensivas en el hormigón.

Uno de los factores primordiales dentro del fraguado y endurecimiento del hormigón es la temperatura ya que ésta al descender aumenta el tiempo de fraguado y el ascenso lo reduce. Así mismo estas bajas temperaturas hacen más lenta su adquisición inicial de resistencia pero a la postre ésta se recupera, en tanto que las temperaturas altas incrementan la resistencia inicial pero ocasionan disminución en la final. Lo primero representa un inconveniente de carácter transitorio, que afectan principalmente a las actividades constructivas, mientras lo segundo constituye un daño irreversible para el hormigón.

6.6.6 CURADO DEL HORMIGÓN.

El curado, según el ACI 308 R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

Esta definición pone de manifiesto que: el cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse, ya que ésta sólo es posible en un espacio saturado. Sin embargo, para que el hormigón adquiera la resistencia requerida no necesita que todos los gramos de cemento de la mezcla se encuentren saturados, ya que éste es un hecho que no se logra en la práctica, pero se lo corrige con un adecuado curado, porque en la medida en que haya suficiente agua el cemento continuará hidratándose hasta que todos los espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

La hidratación progresa muy lentamente cuando la temperatura del hormigón es baja. Temperaturas por debajo de los 10° C son desfavorables para el desarrollo de resistencias a edad temprana; debajo de los 4,5° C el aumento de resistencia a edades tempranas se retarda considerablemente y en las proximidades o debajo del punto de congelación hay muy poco o ningún aumento de la resistencia. De aquí se deduce que el hormigón debe ser protegido para mantenerlo a una temperatura adecuada para la hidratación del cemento y para evitar pérdidas de humedad durante el período inicial de endurecimiento.

Entonces se puede decir que curar el hormigón consiste en proveerlo de condiciones adecuadas de humedad y temperatura (es necesario que la temperatura de la mezcla supere los 5°C, requerimiento que no es difícil de lograr en nuestro medio), para que el proceso de hidratación de los gramos de cemento continúe hasta que el hormigón adquiera una resistencia mínima a la compresión.

Por otro lado el curado no sólo consiste en mantener la temperatura y la humedad del hormigón, sino también de protegerlo ante ciertas acciones exteriores que pueden afectar estos parámetros, como pueden ser:

- Lavado por lluvia o agua en general.
- Un enfriamiento rápido durante los primeros días después de la colocación del hormigón.
- Gradientes de temperatura elevados.
- La existencia o aparición de bajas de temperaturas o heladas.
- Las vibraciones (por viento) que pueden alterar al hormigón a la adherencia del mismo contra la armadura.

6.6.7.1 Importancia del Curado.

La necesidad de cura el hormigón proviene del hecho de que la hidratación del cemento sólo se logra en capilares llenos de agua. Por eso es necesario evitar la pérdida de humedad de los capilares causados por la evaporación. Además el agua que se pierde internamente por auto-deseccación se tiene que remplazar con agua del exterior.

Un adecuado y oportuno método de curado trae tantos y tan variados beneficios a una estructura de hormigón, y puede ser tan sencillo de implementar, que no hacerlo es simplemente desperdiciar sus bondades. El curado no sólo influye en la resistencia final del hormigón, sino que disminuye la permeabilidad y mejora la resistencia de la piel de hormigón al ingreso de gases como el CO₂, y Oxígeno, presentes en la corrosión de la armadura.

Un buen y oportuno curado aumenta la resistencia a la abrasión de pisos de hormigón, reduce la posibilidad de aparición de grietas por contracción plástica, y, aunque no la puede evitar, retarda la contracción de secado haciendo que se desarrolle a una edad de la estructura tal que la resistencia mecánica, especialmente a tensión, haya alcanzado un nivel suficientemente alto para que pueda contribuir, en unión con la armadura y a controlar el agrietamiento.

Como se aprecia son tantos los beneficios del curado para las estructuras que dicha práctica no debería ser opcional en las obras, debe especificarse adecuadamente y su cumplimiento debe ser controlado estrictamente, pero lo más importante de todo es que el curado de la estructura debe ser retribuido económicamente, como cualquier otra actividad de obra, ya que el no pago es la principal razón para que se descuide su ejecución.

6.6.7.2 Factores que Influyen en el Resultado del Curado.

Los requerimientos de curado de las estructuras, el tipo de curado a aplicar y su extensión pueden variar dependiendo de muchos factores, entre los que pueden citarse:

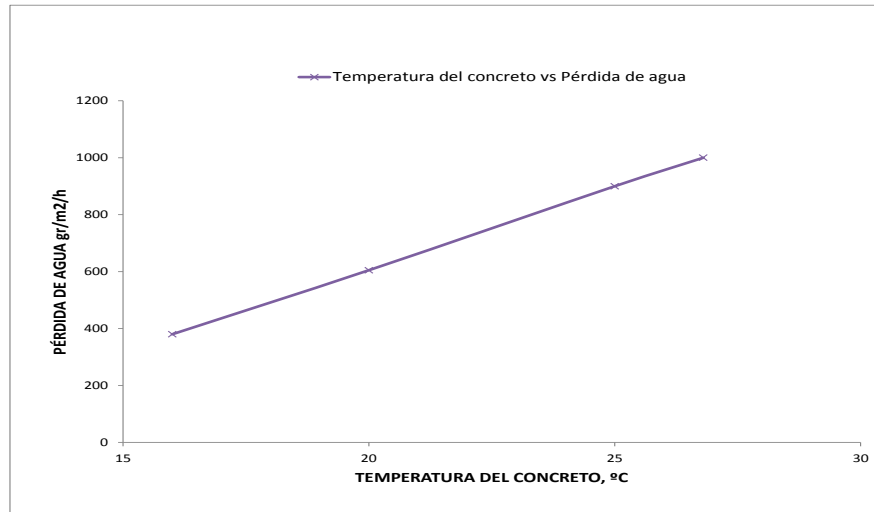
- **Temperatura del hormigón.**

En el momento que se inicia la mezcla del hormigón y entra en contacto el cemento con el agua se inicia el proceso de hidratación como se indicó anteriormente, durante este proceso existe un desprendimiento de calor debido a que este proceso es exotérmico lo que ocasiona evaporación del agua de la mezcla de hormigón.

A este incremento de temperatura se le suma la temperatura de los agregados y del agua, que está en función de la temperatura del ambiente; hay que darle mayor cuidado a la producción de hormigón en grandes masas, ya que este desprendimiento de calor aumenta y se puede generar agrietamiento por retracción térmica.

El calor total que puede desprender un cemento portland normal es del orden de 100 a 120 cal / gr. Durante el inicio y el fin de fraguado se genera un 25 % de total del calor y durante las primeras 24 a 48 horas se desprende el 50 % del calor.

Gráfico 6.6.3 Temperatura del Hormigón VS Pérdida de Agua.



Fuente: Manual de Tecnología del Concreto, CFE.

– Momento de aplicación de curado.

Para poder lograr un hormigón que cumpla con los requerimientos del proyecto, la colocación adecuada de la mezcla deberá ir seguida de un adecuado curado, durante las etapas tempranas de fraguado.

El momento óptimo para la aplicación del curado es cuando se observa que ha desaparecido el agua libre de la superficie del hormigón y haya endurecido lo suficiente como para que no resulte dañado durante las maniobras para el curado. Generalmente este momento llega con el fraguado final.

– Duración del Período de Curado.

El lapso en el que el hormigón debe ser protegido contra las pérdidas de humedad, depende del tipo de cemento, las proporciones de la mezcla, la resistencia exigida, el tamaño y la forma de la sección de hormigón y las condiciones ambientales a la que estará expuesto.

Este período puede ser de tres semanas, o mayor para mezclas pobres, como las que se utilizan en estructuras tales como presas. Inversamente, puede ser de pocos días para mezclas ricas, especialmente si se usa el cemento de alta resistencia inicial. Ya que todas las propiedades deseables en el hormigón mejoran con el curado, el período de curado debería prolongarse tanto como sea practicable en todos los casos.

Para losas de hormigón que se apoyan sobre el terreno (pisos, pavimentos de carreteras y de aeropuertos, revestimientos de canales, playas de estacionamiento, calzadas para coches, veredas, etc.) y para hormigones estructurales (muros, columnas, losas, vigas, pequeñas zapatas, muelles, muros de contención, tableros de puentes, etc.), el período de curado en ambientes con temperaturas por encima de los 4,5 ° C debería ser, como mínimo de 7 días o el tiempo necesario para alcanzar el 70% de la resistencia a compresión, según cual fuere el período menor. Si se realizan ensayos de resistencia, los cilindros o las vigas de hormigón representativos deberán mantenerse en lugares adyacentes a la estructura o al pavimento y curados por los mismos métodos. Puesto que la velocidad de hidratación está influenciada por la composición y fineza del cemento, el período de curado debería prolongarse para hormigones elaborados con cementos que posean características de desarrollo lento de la resistencia.

En hormigones masivos (más frecuentemente usados en grandes muelles, estribos, presas, grandes macizos de fundación y grandes vigas y columnas) que no contienen cementos con puzolanas, el curado de las piezas que no llevan armadura deberá prolongarse dos semanas como mínimo. Si el hormigón en masa contiene cementos con puzolanas el mínimo tiempo de curado para secciones sin armadura deberá extenderse a tres semanas. El hormigón en masa con fuerte armadura deberá ser curado por un mínimo de 7 días.

En tiempo frío, se requiere frecuentemente suministrar calor para mantener una adecuada temperatura de curado (10 a 21° C). Esto puede conseguirse mediante quemadores a gas o petróleo o resistencias eléctricas y un ventilador, o con vapor vivo. En todos los casos deberá tenerse cuidado de evitar pérdidas de humedad del hormigón.

Los hormigones elaborados con cementos de alta resistencia inicial pueden también emplearse en tiempo frío para acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia. Esto puede reducir el período de curado de 7 a 3 días, pero durante ese lapso deberá mantenerse el hormigón a una temperatura mínima de 10° C.

Para una adecuada resistencia al ataque de las sales anticongelantes el período mínimo de curado corresponde generalmente al tiempo requerido para alcanzar la resistencia del hormigón prevista en el proyecto. Un período de secado al aire, que mejora la resistencia al descascaramiento producido por las sales, deberá ser de un mes, como mínimo, si es posible.

– **Temperatura ambiental.**

En nuestro medio pueden ser de:

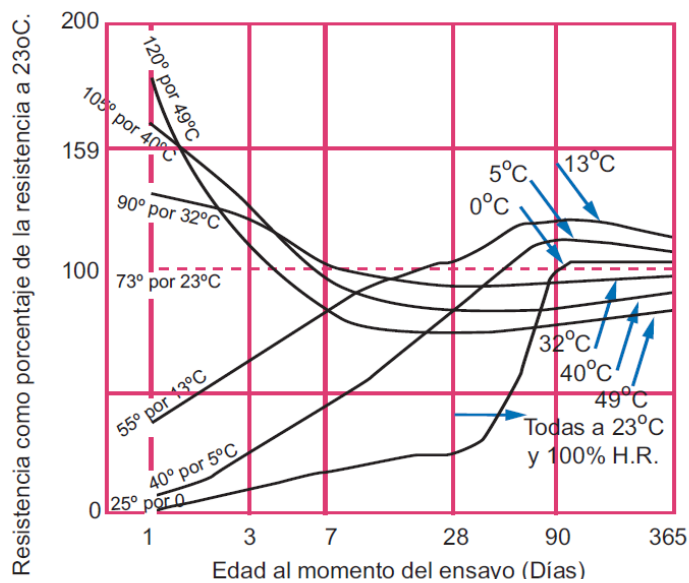
Clima cálido el cual el ACI 305 define como: cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, que afecte la calidad de la mezcla fresca o del concreto endurecido. En algunos documentos se complementa la definición anterior citando la temperatura mínima que debe exhibir la mezcla para que se dé la condición de concreto en clima cálido. Este es un factor que influye directamente en la adquisición de resistencia durante el curado.

Cuando aumenta la temperatura el hormigón adquiere resistencia de una forma más rápida, pero hay que tener cuidado ya que se han hecho estudios que han demostrado que cuando se hace un curado aumentando la temperatura sobre los 26,7 °C éste adquiere gran resistencia a cortas edades, pero al final no alcanza la resistencia que se hubiese alcanzado con un curado a temperatura normal de 21°C.

El ACI 306 define clima frío como: período en el que, por más de tres días consecutivos, se presentan las siguientes condiciones: a) el promedio de temperatura diaria del aire es menor a 5°C y b) durante más de la mitad del día (o de un período de monitoreo de 24 horas) la temperatura del aire no supera los 10°C.

Entonces, un hormigón curado a bajas temperaturas adquiere mayores resistencias con el transcurso del tiempo, claro que sin llegar a temperaturas menores de 5 °C ya que se produciría congelamiento del agua y esto sí produce un retardo en el proceso e incluso podría producirse una interrupción en la hidratación, ocasionando daños irreparables en la estructura. El gráfico 6.6.4 resume gráficamente lo expuesto anteriormente sobre la influencia del clima cálido y del clima frío en el desarrollo de la resistencia potencial de una mezcla de concreto.

Gráfico 6.6.4 Efecto de las condiciones de temperatura en el desarrollo de resistencia del concreto (Cemento Tipo I).

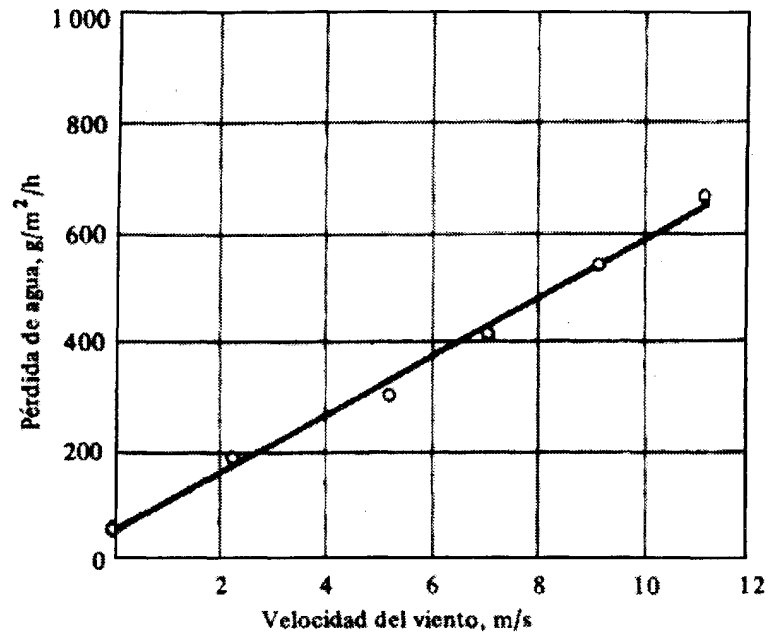


Fuente: Manual de Curado del Concreto Sika.

– **Velocidad del viento.**

La velocidad del viento colabora para el secado de las superficies de hormigón, entre más grande es la relación superficie/volumen, mayor es la pérdida de agua por secado, la influencia del viento la podemos observar en el siguiente gráfico:

Gráfico 6.6.5 Influencia de la velocidad del viento en la pérdida de agua del hormigón en las etapas iniciales después del colocado (humedad ambiente relativa del 70%, temperatura 21°C).



Fuente: Tecnología del Concreto, A.M.Neville.

– **Humedad Ambiental.**

La humedad ambiental es de vital importancia cuando se trata de curar adecuadamente el hormigón para que desarrolle todo su potencial. Una baja humedad al desencofrar el elemento causa fisuración debido al choque térmico entre un medio ambiente muy frío y la masa de hormigón caliente, además provoca desecación que puede generarse y que, por supuesto, va a reprimir la hidratación del cemento.

La humedad en el ambiente compensa la pérdida de agua de la mezcla, un valor de humedad apropiado para el curado es del 70%, y conforme aumenta este valor los requerimientos de agua para el curado van disminuyendo, hasta llegar un punto en el cual no se requiere de curado.

– **Tipo de elemento a curarse.**

Dependiendo de la forma geométrica del elemento se puede determinar el tipo de curado que se requiere. Un factor muy influyente es la relación superficie/volumen, ya que cuando las estructuras tienen una gran superficie están más expuestas a la acción de los medios externos, como son: la temperatura, humedad y viento, que ocasionan una mayor pérdida de agua, requiriéndose para estos elementos tipos de curado donde se cubra la superficie (láminas de polietileno o inmersión).

6.6.7.3 Métodos de Curado.

Desde que los componentes se unen mediante el proceso de mezclado hasta que adquiere sus propiedades definitivas, el concreto pasa por varias fases o etapas bien marcadas las cuales permiten diferenciar también los requerimientos de curado para cada una de ellas. Puede ser necesario, entonces, implementar los cuidados para evitar la evaporación prematura del agua de la mezcla desde el mismo momento de su transporte al sitio de colocación, durante la misma y continuarlos durante el fraguado y el desarrollo de resistencia. Para cada una de estas etapas puede ser necesario implementar medidas de curado distintas.

Así que el curado de una estructura de concreto reforzado, en un lugar definido, bajo unas condiciones ambientales reinantes específicas, con el tipo de material a emplear (tipo de cemento, relación agua/material cementante) y con unas especificaciones del proyectista en cuanto a resistencia (forma como debe evolucionar, nivel máximo a alcanzar) y durabilidad (vida útil requerida, grado de permeabilidad, resistencia al ingreso de sustancias dañinas, máxima amplitud de fisura) dadas, es una actividad que debe diseñarse.

Incluso, si la estructura va a recibir un recubrimiento especial (pintura, recubrimiento epóxico) o se va a enchapar, puede ser necesario estudiar la conveniencia de usar curadores que dejen residuos sobre la superficie que impidan la adherencia de posteriores recubrimientos, o definir el método que se va a emplear para retirarlos.

Vale la pena citar aquí los diferentes métodos de curado existentes:

6.6.7.3.1 Métodos que suministran humedad adicional a la superficie del hormigón durante el período inicial de endurecimiento.

Estos incluyen la inundación o inmersión, el rociado o aspersores y el uso de cubiertas húmedas. Tales métodos proporcionan, por efecto de la evaporación, cierto grado de enfriamiento, que es beneficioso en tiempo caluroso.

Por inundación o inmersión.

Este método presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.

En elementos estructurales horizontales se puede recurrir al curado por inundación. Diques de tierra impermeable o de otro material dispuestos sobre el perímetro de la superficie a curar, retienen el agua dentro de ella, formando un estanque como indica el gráfico N° 6.6.6

Además de constituir un método eficiente para evitar pérdidas de humedad en el hormigón, el curado por inundación es también efectivo para mantener a una temperatura uniforme. Debe evitarse que el agua empleada sea liberada repentinamente o fuera de tiempo.

Otro factor importante es que la temperatura del agua de curado no deberá estar más de unos 11° C por debajo de la del hormigón para prevenir tensiones de origen térmico, que podrían fisurarlo. Como este método requiere considerable supervisión y mano de obra, frecuentemente no resulta práctico, excepto para pequeñas obras. El método de inundación no es recomendable cuando el hormigón fresco está expuesto a temperaturas de congelación.

El método de curado húmedo más efectivo, aunque raramente usado, consiste en la total inmersión en agua del elemento de hormigón terminado. Este método ha sido usado con cierta frecuencia en la industria de la prefabricación, pero su uso es más común para el curado de probetas de hormigón en laboratorio.

Cuando es importante mantener la apariencia superficial, el agua a usar para el curado, por inundación o inmersión, deberá estar libre de sustancias que puedan manchar o decolorar el hormigón.

Gráfico 6.6.6 Curado por inundación o inmersión.



Mediante el empleo de rociadores aspersores.

Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional, pueden conducir a un curado deficiente.

Este método requiere un adecuado suministro de agua y cuidadosa supervisión como muestra en el gráfico 6.6.7 Si los riegos se hacen a intervalos, deberá cuidarse de evitar el secado del hormigón entre sucesivos riegos; los correspondientes ciclos de humedecimiento y secado pueden causar el agrietamiento del hormigón. Deberá cuidarse también que el agua de rociado no erosione la superficie del hormigón fresco.

El agua para curado del hormigón debe estar libre de contaminantes y materiales nocivos. En general se puede usar agua potable o agua que cumpla la norma de agua de amasado para hormigón (ASTM C-59). El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede figurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11°C a la temperatura de la masa del hormigón.

Gráfico 6.6.7 Curado mediante el empleo de rociadores aspersores.



Curado con material saturado (arena, tierra o aserrín).

Se emplea con algún éxito el curado mediante el cubrimiento del hormigón con alguno de los citados materiales; los dos primeros son muy útiles cuando se presentan vientos fuertes.

Las capas húmedas de tierra, arena y aserrín, son efectivas para el curado, pero en años recientes su uso ha sido restringido debido a su alto costo. Sin embargo este método frecuentemente es útil en obras pequeñas. Los materiales mencionados deben ser distribuidos uniformemente sobre la superficie del hormigón previamente humedecida, con un espesor de alrededor de 5 cm y mantenidos permanentemente húmedos durante todo el tiempo de curado. Su aplicación debe ser hecha tan pronto el hormigón se haya endurecido lo suficiente para evitar daño a la superficie.

La tierra debe estar libre de partículas mayores a un pulgada y no deben contener materias orgánicas u otras sustancias que puedan dañar al cemento, retardando o destruyendo sus propiedades de fraguado.

El emplear el aserrín tienen el problema de que pueden manchar el concreto o deteriorarlo, cuando el aserrín proveniente de maderas con alto contenido de ácido tánico, por lo que su uso es poco recomendable.

Empleo de tejidos de fique o de otros materiales absorbentes.

Estos tejidos mantienen la humedad en superficies tanto verticales como horizontales, pero deben ser humedecidos periódicamente, con el riesgo de que si no se mantiene el nivel de humedad el curado es deficiente.

Además, presentan el problema de absorber, eventualmente, el agua útil del hormigón. Deben traslaparse adecuadamente y con holgura y se debe colocar sobre sus extremos arena o bolsas con tierra u otro material pesado que impida que el viento los desarregle y descobije porciones del elemento de hormigón.

6.6.7.3.2 Métodos que impiden las pérdidas de humedad mediante el sellado o impermeabilización de la superficie del hormigón.

Esta categoría incluye las películas de plástico y los compuestos curadores líquidos que forman membrana.

Película de plástico.

Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; en elementos verticales es más complicada su utilización. La película de plástico debe tener un espesor mínimo de 0.1 mm. Se usan generalmente plásticos blancos, transparentes y negros. Los primeros reflejan los rayos del sol mientras protegen, son útiles, como los transparentes, en clima cálido.

El plástico negro absorbe calor de los rayos del sol y calienta la pieza estructural, por tal razón es útil para generar un curado adecuado del hormigón a bajas temperaturas o acelerar “gratis” resistencias aprovechando la radiación solar.

Estas películas plásticas deben ser del mayor ancho que sea practicable, deberán aplicarse sobre la superficie del hormigón tan pronto como éste haya endurecido suficientemente, para evitar dañarlo y luego que la superficie haya sido completamente humedecida.

Los bordes de las láminas adyacentes deberán solaparse suficientemente y sellarse con arena, tabloncillos de madera, cinta adhesiva o cola.

Las láminas deberán llevar pesos encima que las mantengan en estrecho contacto con la superficie del hormigón durante todo el período de curado.

Cuando se precisa un excelente acabado del hormigón, como en el caso del hormigón visto, el empleo de películas plásticas para el curado puede dar como resultado la aparición de manchas en el concreto debidas a la distribución no homogénea del agua y al movimiento de sustancias solubles en la superficie.

Gráfico 6.6.8 Curado de columnas de concreto envolviéndolas con plásticos.



Compuestos líquidos que forman una membrana.

Los compuestos líquidos de curado que forman membrana deben cumplir las especificaciones de la Norma ASTM C 309-98 y en nuestro medio la NTC-1977.

Entre las materias primas que normalmente se usan en la fabricación de compuestos de curado se pueden citar: ceras, parafinas, resinas, caucho clorado y disolventes altamente volátiles. Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados para retardar o evitar la evaporación de agua del hormigón; además, no deben reaccionar con la pasta de cemento.

Normalmente se le adiciona un pigmento (blanco, gris, rojo) a dichos compuestos de curado, con el fin de provocar la reflexión de los rayos solares; además, el

pigmento hace visible el compuesto al operario, facilitándole el control de cubrimiento.

Los compuestos líquidos se aplican mediante equipos de accionamiento manual o mecánico, después de las operaciones de terminación del hormigón y una vez que ha desaparecido el brillo superficial. No obstante, en días secos, calurosos y ventosos o durante períodos con condiciones climáticas adversas, que pueden dar lugar a la fisuración plástica, la aplicación del producto de curado debe ser inmediatamente después de efectuada la terminación y antes que se evapore todo el agua superficial, puede evitar la formación de fisuras.

Normalmente se aplica el producto en una sola capa uniforme, pero puede ser necesario hacerlo en dos capas para asegurar un recubrimiento completo. Cuando se efectúa una segunda aplicación ésta deberá realizarse en dirección perpendicular a la primera. Deberá lograrse un completo recubrimiento de la superficie, debido a que aún los pequeños huecos en la membrana permitirán la evaporación de la humedad del hormigón.

Los compuestos de curado pueden impedir la adherencia entre el hormigón fresco y el endurecido; consiguientemente aquellos productos no deberán ser usados cuando es necesario conseguir adherencia. Por ejemplo, no deberán aplicarse compuestos de curado a la losa de base de un piso de dos capas, ya que aquellos pueden impedir la adherencia de la capa superior.

De igual forma, algunos compuestos de curado afectan la adherencia de la pintura o de los revestimientos elásticos sobre los pisos de hormigón. Para determinar si un producto pertenece a esta categoría, deberá consultarse a su fabricante.

El momento óptimo para la aplicación de los compuestos líquidos es aquel en el cual se observa que ha desaparecido agua libre de la superficie del hormigón, aunque sin demorar la aplicación tanto que el compuesto sea absorbido por los poros superficiales del hormigón.

Gráfico 6.6.9 Aplicación de un compuesto de curado por aspersión. Nótese que para controlar el impacto del viento se cubre el concreto recién curado con lonas, una vez el compuesto de curado seque al tacto.



En condiciones ambientales críticas: alta temperatura, baja humedad relativa y vientos fuertes, además de prever la utilización de barreras para el viento y pantallas que proporcionen sombra, se debe combinar el curado con agua con la aplicación del compuesto líquido. El procedimiento incluye rociar agua, continua y suavemente, sobre la superficie del concreto por un lapso aproximado de 2 horas y proceder luego a aplicar el compuesto curador líquido.

Los compuestos que forman membrana tienen ventajas grandes sobre los demás sistemas que pueden ser explotados por el constructor:

No requieren que se les mantenga humedecidos para asegurar que no absorban agua de la mezcla.

Muy fácil manejo, a diferencia de las telas, arena.

Pueden ser aplicados antes de que inicie la aplicación del curado húmedo y se complementan.

Compuestos líquidos: Antisol Blanco INF de “SIKA” Curador para hormigón y mortero.

- **DESCRIPCIÓN:** Antisol Blanco INF es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el hormigón o mortero fresco, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad, para garantizar un completo curado del material.
- **USOS:** Para curar el hormigón o mortero. La película que forma el Antisol Blanco INF retiene el agua de la mezcla evitando el resecamiento prematuro garantizando una completa hidratación del cemento, un normal desarrollo de resistencias y ayudando a controlar el agrietamiento del hormigón o mortero.
- **VENTAJAS:** Antisol evita el resecamiento prematuro y por lo tanto la reducción de resistencia, las grietas por secado rápido, la mala calidad superficial del hormigón.

Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes. Su color más blanco permite observar y controlar el curado durante la aplicación.

- **MODO DE EMPLEO:** Antisol Blanco INF debe diluirse en agua potable (no contaminada) en proporción un (1) volumen de Antisol y tres (3) volúmenes de agua. La dilución hecha así se aplica sobre la superficie del hormigón o mortero haciendo uso de una fumigadora accionada manualmente o de un aspersor neumático.

El área a curar se debe cubrir totalmente. La aplicación del producto se hace en dos pasadas sucesivas e inmediatas.

La aplicación del curador debe hacerse tan pronto desaparezca el agua de exudación del hormigón o mortero.

Si las condiciones ambientales son agresivas con presencia de fuerte sol y viento, se recomienda aplicar el producto una vez que termine el acabado. La

aplicación también puede efectuarse con brocha, sólo que en este caso la superficie queda rayada por las cerdas de la brocha y el consumo se incrementa.

- **CONSUMO:** Aplicado con fumigadora agrícola o aspersor neumático aproximadamente 50 g/m² dependiendo de la velocidad del viento y la práctica del operario.
- **PRECAUCIONES:** Antisol Blanco INF debe agitarse antes de usarlo y periódicamente durante su aplicación.

Proteger la película de la lluvia por lo menos dos (2) horas y del tráfico por lo menos durante 7 días.

Antes de la aplicación de un recubrimiento o acabado deberá retirarse la película dejada por el curador.

Compuestos líquidos: Curinsol de “ADITEC” Curador para hormigón y mortero.

- **DESCRIPCIÓN:** Aditivo que impide la pérdida del agua de amasado del hormigón, debido a la formación de una película impermeable de color blanco a base de parafina.
- **DATOS TÉCNICOS:** Densidad (g/cm³): 1.0 ± 0.01, pH: 9.38, Líquido de color blanco.
- **USOS:** Para cualquier superficie de hormigón fresco donde se quiera garantizar un perfecto curado del material: vías, andenes, pistas de aviación y en toda superficie de hormigón o mortero expuesto a los rayos solares y al viento especialmente en climas cálidos.

- **MODO DE EMPLEO:** La superficie del hormigón debe estar alisada o paleteada y libre del agua de exudación para proceder a la aplicación del producto; pudiendo estar saturada pero sin charcos.

Agitar antes de realizar la aplicación para que se homogenice.

Aplicar una capa uniforme con rociador, rodillo o brocha.

- **RENDIMIENTO:** Aplicado con rociador aproximadamente 200 g/m²; aplicado con brocha o rodillo 350 g/m². Depende de la porosidad de la superficie.
- **BENEFICIOS:** Listo para usar.

Evita la evaporación prematura del agua de amasado de la mezcla; garantizando la perfecta hidratación del cemento.

Evita la presencia de fisuras por secado rápido.

Evita el continuo curado del hormigón; se aplica una sola vez.

Reduce la temperatura superficial del hormigón.

- **PRECAUCIONES:** Agitar antes de usar.

Proteger de la lluvia al menos 2 horas después de la aplicación.

En caso de colocar cualquier tipo de mortero o recubrimiento se debe lavar con detergente y cepillo y abundante agua para el retiro de la película formada por el producto.

No utilizar envases y elementos contaminados.

6.6.7.3.3 Secuencia del curado y duración de las diferentes etapas.

El ACI 308 R hace referencia a que, debido a las fases por las cuales atraviesa el concreto desde su confección hasta que la estructura alcanza las propiedades de diseño, deben diferenciarse tres tipos diferentes de acciones de curado en el tiempo. Las cuales se aplicarán en conjunto o selectivamente a una estructura dependiendo de las condiciones específicas del trabajo. Estas tres acciones de curado son:

- **Curado inicial:** procedimiento implementado una vez el afinado o acabado del elemento se ha terminado y que tiene por finalidad evitar la pérdida de humedad de la superficie. El curado inicial es aplicable a mezclas con muy poca exudación o que no exuden, o en el caso de ambientes que promuevan una gran evaporación del agua de la superficie del concreto, o cuando se da una combinación de estas dos circunstancias, el secado de la superficie (apariencia mate) puede empezar antes de que el concreto presente fraguado inicial y antes de que el afinado se haya completado.

Se hace necesario entonces impedir aquí la pérdida de humedad del concreto mediante la aplicación de una niebla húmeda (aumenta la humedad relativa y disminuye la tasa de evaporación), la aplicación de retardadores de evaporación y el uso de elementos que modifiquen las condiciones climáticas en el sitio, tales como: sombra, barreras de viento y cerramientos.

- **Curado intermedio:** procedimiento de curado a implementar cuando el afinado del concreto se termina pero aún no se ha presentado fraguado final. Durante este período puede ser necesario disminuir la evaporación, pero el concreto no está aún en condiciones de recibir la aplicación directa de agua, ni de soportar el daño mecánico producido durante la instalación de cubiertas plásticas, lonas, o algún otro material de protección. En estas condiciones la aplicación de membranas de curado, rociando un compuesto curador con fumigadora, es de gran utilidad para impedir la evaporación, mientras el concreto fragua y permite realizar medidas de curado complementarias.

- **Curado final:** Medidas de curado que se llevan a cabo concluido el afinado del concreto, una vez éste ya ha presentado fraguado final y ha comenzado el desarrollo de resistencia. Ejemplos de medidas de curado final son: aplicación de cubiertas húmedas, inundación, aplicación de riego de agua o cualquier otro método de curado.

El curado final debe empezar a aplicarse a medida que se va afinando cierta área de una losa, por ejemplo, ya que terminar de afinar para empezar a curar puede constituir una demora injustificada que se puede traducir en gran pérdida de agua del concreto en aquellas zonas afinadas más temprano.

Al curar estructuras de alto riesgo de fisuración en climas cálidos el curado con una membrana de curado puede hacerse simultáneamente con el afinado que hacen los equipos de pavimentación, luego, una vez el concreto alcance el fraguado final se puede complementar con la aplicación de telas humedecidas, sacos húmedos o con el riego de agua sobre la superficie para que disminuya la temperatura del concreto.

Una vez descritas las tres acciones que constituyen un proceso de curado, se entiende la necesidad de planear concienzudamente el curado de una estructura importante.

El método de curado aplicable, entre los muchos disponibles, dependerá, según se ha visto, de que tan rápido se esté secando la superficie del concreto y de si ya se han presentado o no el fraguado inicial y final y de si las operaciones de afinado se han terminado o no.

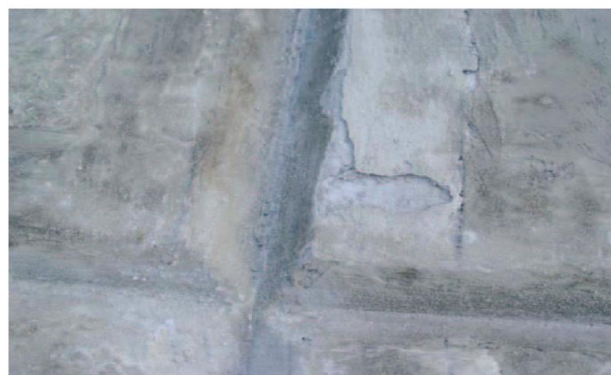
Esto implica que hay que conocer con cierta aproximación los tiempos de curado para el concreto en cuestión y bajo las condiciones climáticas particulares reinantes en la obra.

Muchas de las acciones que comprenden el hormigonado se ejecutan previamente al fraguado del concreto, por ejemplo la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación del material.

El acabado del concreto (afinado) debe hacerse, preferiblemente, después de que termine la exudación del concreto y después del fraguado inicial del concreto, ya que antes la superficie no soporta las labores de afinado, ni las máquinas y sus operarios. Si en una losa de una bodega, por ejemplo, el acabado se hace durante la etapa de exudación, puede ocurrir que el agua quede atrapada bajo una fina capa superficial densificada lo que da como resultado la delaminación del concreto, el cual con el tráfico se deteriora a muy temprana edad como muestra la figura 6.6.11.

Las delaminaciones son erosiones que se producen en el hormigón en forma de láminas, en especial en elementos estructurales horizontales como la losas. En una superficie delaminada, 1/8 de pulgada del espesor en la parte superior se torna densa y se separa del elemento estructural base mediante una capa fina de aire o agua. Estas delaminaciones pueden variar desde algunos centímetros cuadrados hasta un área de bastantes metros cuadrados y pueden ser detectadas por un sonido hueco a los golpes. Este tipo de superficie también puede mostrar agrietamientos y diferencia de color debido al rápido secado de la superficie fina durante el curado.

Gráfico 6.6.10 Delaminación del concreto debida al afinado muy temprano de la superficie.



De igual manera las labores de afinado hechas con una superficie colmada con el agua de exudación provocan la formación de una pasta de cemento aún más débil por el exceso de agua, lo que dará como resultado un piso con baja resistencia a la abrasión y polvoriento.

Saber cuándo termina la exudación es relativamente fácil, ya que la apariencia brillante de la superficie se pierde, pero existe la posibilidad de que la evaporación del agua de exudación sea igual a la cantidad de agua exudada, en dicho caso se pueden tomar decisiones erradas.

Para salir de dudas se acostumbra colocar un plástico transparente (60x60cm) sobre el concreto y observar, al cabo de algunos minutos, si hay condensación debida al agua de exudación.

Generalmente las labores de afinado, cuando se realizan a mano, empiezan, en la práctica, después de que termina la exudación, siendo en muchos casos incluso necesario agregar algo de agua a la superficie para lograr afinarla.

6.6.7.4 Duración del Período de Curado Tomando en Consideración los Factores Ambientales.

Siempre habrá discusión sobre qué tanto debe prolongarse el curado de una estructura.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado.

Éste se prolongará durante el plazo necesario en función del tipo y clase del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc”.

Para una estimación de la duración mínima del curado D , en días, puede aplicarse la siguiente expresión:

$$D = K * L * D_0 + D_1 \quad \text{Ecuación 6.6.18}$$

Donde:

D = Duración mínima, en días, de curado.

K = Coeficiente de ponderación ambiental, de acuerdo con la tabla N° 6.6.8

Tabla 6.6.8 Coeficiente de Ponderación Ambiental (K).

Clase de exposición		Valor de K
I	No agresiva	1
II	Normal	
III	Marina	1,15
IV	Con cloruros de origen diferente al medio marino	
H	Heladas sin sales fundentes	
Q	Químicamente agresivo	1,3
F	Heladas y sales fundentes	

Fuente: EHE-O8. Instrucción de Hormigón Estructural, Capítulo 13.

D0 = Parámetro básico de curado, según la tabla N°6.6.9

Tabla 6.6.9 Determinación del Parámetro Básico de Curado (D0).

Condiciones ambientales durante el curado.	Velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón			
	Muy rápida	Rápida	Media	Lenta
A No expuesta al sol. No expuesta al viento Humedad relativa superior al 80%	1	2	3	4
B Expuesta al sol con intensidad media Velocidad del viento media Humedad relativa entre el 50% y 80%	2	3	4	5
C Soleamiento fuerte Velocidad de viento alta Humedad relativa inferior al 50%	3	4	6	8

Fuente: EHE-O8. Instrucción de Hormigón Estructural, Capítulo 13

Nota: En el caso de que las condiciones ambientales durante el curado no correspondan exactamente con alguno de los casos A, B, C de la Tabla N° 6.6.9 puede determinarse el parámetro D0 utilizando como orientativo los valores del cuadro.

L = Coeficiente de ponderación térmica, según la tabla N°. 6.6.10

Tabla 6.6.10 Coeficiente de Ponderación Térmica (L).

Temperatura T_{media} durante el curado ($^{\circ}\text{C}$)	Coeficiente (L)
$T_{media} < 6^{\circ}\text{C}$	1,7
$6^{\circ}\text{C} \leq T_{media} < 12^{\circ}\text{C}$	1,3
$T_{media} \geq 12^{\circ}\text{C}$	1

Fuente: EHE-O8. Instrucción de Hormigón Estructural, Capítulo 13.

D1 = Parámetro en función del tipo de cemento, según la tabla N° 6.6.11

Tabla 6.6.11 Determinación del Parámetro en función del tipo de cemento.

Tipo de cemento		Valor de D1
Portland:	CEM I	0
Con adiciones:	CEM II	1
	CEM II-S	
	CEM II-D	
	CEM II-P	
	CEM II-V	
	CEM II-L	
De horno alto:	CEM III/A	3
	CEM III/B	4
Puzolánico:	CEM IV	2
Compuestos:	CEM V	4
Especial:	ESP VI-1	4
	ESP VI-2	4
De aluminato de calcio	CAC/R	(*)

(*) Cuando se emplean cementos de aluminato de calcio, cada caso deberá ser objeto de un estudio especial.

Fuente: EHE-O8. Instrucción de Hormigón Estructural, Capítulo 13.

La velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón se puede determinar en función de la categoría del cemento utilizado y de la relación agua/cemento empleada, según lo indicado en la tabla N° 6.6.12

Tabla 6.6.12 Velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón.

Clase de cemento	Relación agua / cemento		
	$A/C < 0,50$	$0,50 \leq A/C \leq 0,60$	$A/C > 0,60$
52,5 R; 52,5 y 42,5 R	Muy rápida	Rápida	Lenta
42,5 y 32,5 R	Rápida	Media	Lenta
32,5	Media	Lenta	Lenta
22,5	Lenta	Lenta	Lenta

6.6.7.5 Problemas que se presenta en el hormigón a consecuencia de no curarlo o de un curado inadecuado.

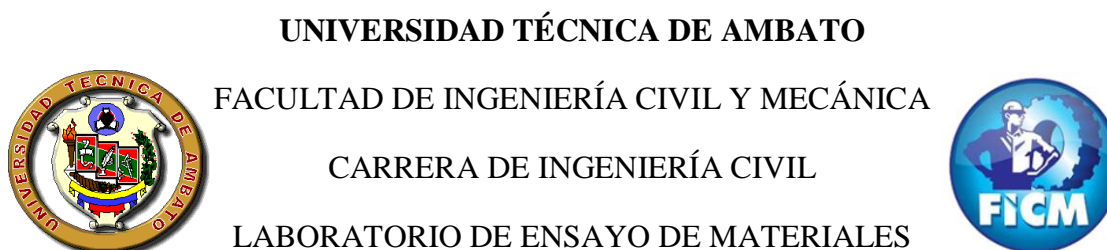
Un mal curado produce efectos muy graves en el hormigón, el principal y en el que se enfoca el estudio es que no alcanza la resistencia unitaria requerida, otro efecto es que la estructura no dure el tiempo de vida para la cual fue diseñada, existiendo agrietamiento y permeabilidad.

El agrietamiento y permeabilidad del hormigón permiten el ingreso de agua y aire al interior de la estructura, lo que puede ocasionar el deterioro prematuro del hormigón. Ocasionando efectos negativos en la estructura, entre los principales se puede mencionar la sensibilidad al ataque de sulfatos, sensibilidad a la corrosión del acero de refuerzo, efectos de congelación y deshielo, lixiviación de la cal, reacción álcali – agregado, envejecimiento, sensibilidad al ataque de sustancias ácidas, entre otros.

6.7 METODOLOGÍA.

6.7.1 ENSAYO DE LOS AGREGADOS.

Tabla 6.7.1 Ensayos de Abrasión del Agregado Grueso (Ripio).



ENSAYO DE ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO)

NORMAS: ASTM C-131 (NTE INEN 0861:83)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	U
P.inicial = Peso de la muestra	5000,00	5000,00	gr
P.final = Peso después del ensayo (Retiene tamiz # 12)	3055,10	3003,50	gr
P3 = Peso después del ensayo (Pasa tamiz # 12)	1944,90	1996,50	gr
Pérdida máxima = $((P.inicial - P.final) / P.inicial) * 100$	38,90	39,93	%
Promedio Pérdida máxima	39,42		%

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.2 Ensayos de Densidad Real o Peso Específico del Agregado Grueso (Ripio).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO)

NORMAS: A.S.T.M. C – 127 y A.S.T.M. C – 70 (NTE - INEN 0856 y 0857)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

Cálculo de la Densidad Real del Agregado Grueso (Ripio)			
Descripción	Muestra 1	U	
M1 = Masa de la canastilla al aire.	1795,00	gr	
M2 = Masa de la canastilla en el agua.	1505,00	gr	
M3 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el aire.	13520,00	gr	
M4 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua.	8740,00	gr	
Da = Densidad del agua.	1,00	gr/cm ³	
M5 = Masa de la Muestra SSS en el aire. = M3 - M1	11725,00	gr	
M6 = Masa de la Muestra SSS en el agua. = M4 - M2	7235,00	gr	
VR = Volumen Real de la Muestra = (M5 - M6)/Da	4490,00	cm ³	
DRR = Densidad en estado SSS del Agregado Grueso = M5 / VR	2,611	gr/cm³	
Cálculo de la Capacidad de Absorción del Agregado Grueso (Ripio)			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	U
M7 = Masa del recipiente	140,40	137,90	gr
M8 = Masa del recipiente + Muestra SSS	620,80	619,40	gr
M9 = Masa de la Muestra SSS = M8 - M7	480,40	481,50	gr
M10 = Masa del recipiente + Muestra seca	602,10	598,80	gr
M11 = Masa de la Muestra Seca = M10 - M7	461,70	460,90	gr
Pab.R = Capacidad de Absorción = ((M9-M11)/M11)*100	4,050	4,470	%
PROMEDIO Pab.R	4,260		%

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.3 Ensayos de Densidad Real o Peso Específico del Agregado Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ARENA)

NORMAS: A.S.T.M. C – 128 y A.S.T.M. C – 70 (NTE - INEN 0856 y 0857)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

Cálculo de la Densidad Real del Agregado Fino (Arena)			
Descripción	Muestra 1	U	
M1 = Masa del Picnómetro.	163,30	gr	
M2 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS.	377,80	gr	
M3 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS + Agua.	793,20	gr	
M4 = Masa Agua Añadida = M3 - M2	415,40	gr	
M5 = Masa del Picnómetro + 500 cm ³ de Agua	659,90	gr	
M6 = Masa 500 cm ³ de Agua = M5 - M1	496,60	gr	
Da = Densidad del agua = M6 / 500 cm ³	0,993	gr/cm ³	
M7 = Masa del Agua Desalojada por la Muestra = M6 - M4	81,20	gr	
MSSS = Masa de Agregado = M2 - M1	214,50	cm ³	
VSSS = Volumen del agua desalojada = M7 / DA	81,77		
DRA = Densidad SSS del Agregado fino = MSSS/VSSS	2,623	gr/cm³	
Cálculo de la Capacidad de Absorción del Agregado Fino (Arena)			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	U
M8 = Masa del recipiente	31,70	32,20	gr
M9 = Masa del recipiente + Muestra SSS	75,80	79,60	gr
M10 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	44,10	47,40	gr
M11 = Masa del recipiente + Muestra seca	75,20	79,10	gr
M12 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	43,50	46,90	gr
Pab.A = Capacidad de Absorción = ((M9-M11)/M11)*100	1,379	1,066	%
PROMEDIO Pab.A	1,223		%

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.4 Ensayo de Contenido de Húmeda del Agregado Grueso (Ripio).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CONTENIDO DE HÚMEDA DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO)

NORMAS: A.S.T.M. C-566 (NTE INEN 0862:83)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	Unidad
P1 = Peso del recipiente	268,10	277,50	gr
P2 = Peso del recipiente + Ag. grueso natural	2034,80	2071,30	gr
P3 = Peso Ag. grueso natural = P2 - P1	1766,70	1793,80	gr
P4 = Peso del recipiente + Ag. grueso seco	2021,70	2058,60	gr
P5 = Peso Ag. grueso seco = P4 - P1	1753,60	1781,10	gr
Contenido de Humedad = $((P3 - P5)/P5)*100$	0,747	0,713	%
Promedio Contenido de Humedad	0,730		%

Tabla 6.7.5 Ensayo de Contenido de Húmeda del Agregado Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CONTENIDO DE HÚMEDA DEL AGREGADO FINO (ARENA)

NORMAS: A.S.T.M. C-566 (NTE INEN 0862:83)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

DESCRIPCIÓN	Muestra 1	Muestra 2	Unidad
P1 = Peso del recipiente	31,20	30,90	gr
P2 = Peso del recipiente + Ag. fino natural	167,50	181,00	gr
P3 = Peso Ag. fino natural = P2 - P1	136,30	150,10	gr
P4 = Peso del recipiente + Ag. fino seco	162,90	176,30	gr
P5 = Peso Ag. fino seco = P4 - P1	131,70	145,40	gr
Contenido de Humedad = $((P3 - P5)/P5)*100$	3,493	3,232	%
Promedio Contenido de Humedad	3,363		%

Tabla 6.7.6 Ensayo de Densidad Aparente Suelta de los Agregados Grueso (Ripio) y Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



DENSIDAD APARENTE SUELTA DE LOS AGREGADOS GRUESO (RIPIO) Y FINO (ARENA)

NORMAS: A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83).

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

M1 = Masa del Recipiente (Kg)	9,90			
V = Volumen de Recipiente (dm ³)	20,250			
Descripción	M2	M3=M2-M1	M4=M3/V	Peso Unitario Promedio (Kg/dm ³)
	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso Unitario (Kg/dm ³)	
GRUESO	36,50	26,60	1,314	1,3065
	36,20	26,30	1,299	
FINO	36,50	26,60	1,314	1,3165
	36,60	26,70	1,319	

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.7 Ensayo de Densidad Aparente Compactada de los Agregados Grueso (Ripio) y Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LOS AGREGADOS GRUESO (RIPIO) Y FINO (ARENA).

NORMAS: A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83).

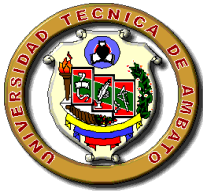
ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

M1 = Masa del Recipiente (Kg)	9,90			
V = Volumen de Recipiente (dm ³)	20,250			
Descripción	M2	M3=M2-M1	M4=M3/V	Peso Unitario Promedio (Kg/dm ³)
	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso Unitario (Kg/dm ³)	
GRUESO	41,80	31,90	1,575	1,5825
	42,10	32,20	1,590	
FINO	41,40	31,50	1,556	1,5605
	41,60	31,70	1,565	

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.8 Ensayo de Densidad Aparente Compactada de la Mezcla de los Agregados Grueso (Ripio) y Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



DENSIDAD COMPACTADA DE LA MEZCLA

NORMAS: A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83).

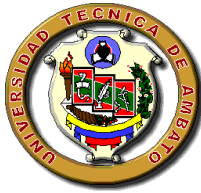
ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

M1 = Masa del Recipiente (Kg)					9,90			
V = Volumen de Recipiente (dm ³)					20,250			
Mezcla (%)		Cantidad Calculada (Kg)		Agregado por Añadirse (Kg)	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso Unitario (Kg/dm ³)	Peso Unitario Promedio (Kg/dm ³)
Grueso	Fino	Grueso	Fino	Fino	M2	M3=M2-M1	M4=M3/V	
100	0	40,00	0,00	0,00	41,80	31,90	1,575	1,583
					42,10	32,20	1,590	
90	10	40,00	4,44	4,44	44,30	34,40	1,699	1,702
					44,40	34,50	1,704	
80	20	40,00	10,00	5,56	47,00	37,10	1,832	1,820
					46,50	36,60	1,807	
70	30	40,00	17,14	7,14	48,50	38,60	1,906	1,884
					47,60	37,70	1,862	
60	40	40,00	26,27	9,53	47,80	37,90	1,872	1,879
					48,10	38,20	1,886	
50	50	40,00	40,00	13,33	47,90	38,00	1,877	1,875
					47,80	37,90	1,872	
40	60	40,00	60,00	20,00	46,70	36,80	1,817	1,817
					46,70	36,80	1,817	

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Gráfico 6.7.1 Ensayo de Densidad Aparente Compactada de la Mezcla de los Agregados Grueso (Ripio) y Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

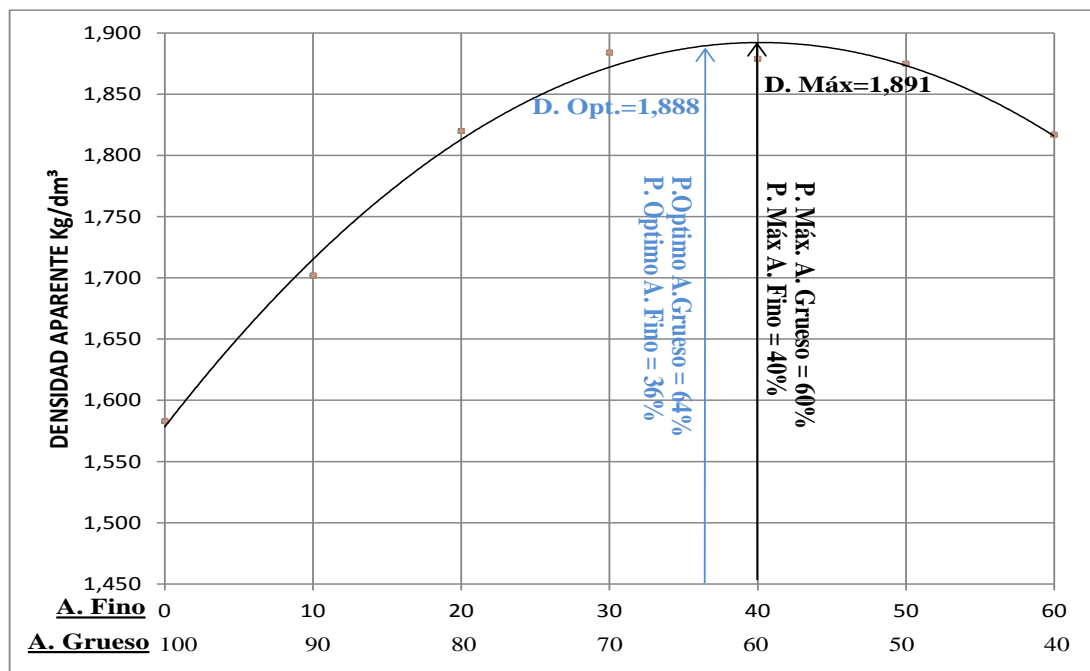


GRÁFICO DENSIDAD COMPACTADA DE LA MEZCLA

NORMAS: A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83).

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

DAO = Densidad Aparente Optima	1,888 Kg /dm³
POA = Porcentaje Opt. del Agregado Fino = Pmax.A – 4%	36,00 %
POR = Porcentaje Opt. del Ag.o Grueso = Pmax.R – 4%	64,00 %
DAmáx = Densidad Aparente Máxima	1,891 Kg /dm³
Pmax.A = Porcentaje Máxima del Agregado Fino	40,00 %
P.máx.R = Porcentaje Máxima del Agregado Grueso	60,00 %



FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.9 Ensayo de Granulometría del Agregado Fino (Arena).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO (ARENA)

NORMAS: ASTM C -136, ASTM C-33, ASTM C – 125 (INEN 872)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos

Constructora Arias”

P = Peso de la Muestra (gr)						700,00	
Pérdida de Muestra (gr)						1,50	
Pérdida de Muestra (%)						0,21	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	LÍMITE ASTM C-33 QUE PASA	
			M1	M2 = M1*100/P	M3=100-M2	INFERIOR	SUPERIOR
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
#4	4,75	93,40	4,60	0,66	99,34	95,00	100,00
#8	2,36	127,50	90,60	12,94	87,06	80,00	100,00
#16	1,18	8,30	270,30	38,61	61,39	50,00	85,00
#30	0,60	203,00	443,40	63,34	36,66	25,00	60,00
#50	0,30	126,90	596,00	85,14	14,86	10,00	30,00
#100	0,15	94,70	648,90	92,70	7,30	2,00	10,00
#200	0.075	65,60	676,50	96,64	3,36	2,00	10,00
BANDEJA	0,00	80,20	698,50	99,79	0,21	-	-

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Gráfico 6.7.2 Gráfico de Granulometría del Agregado Fino (Arena).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



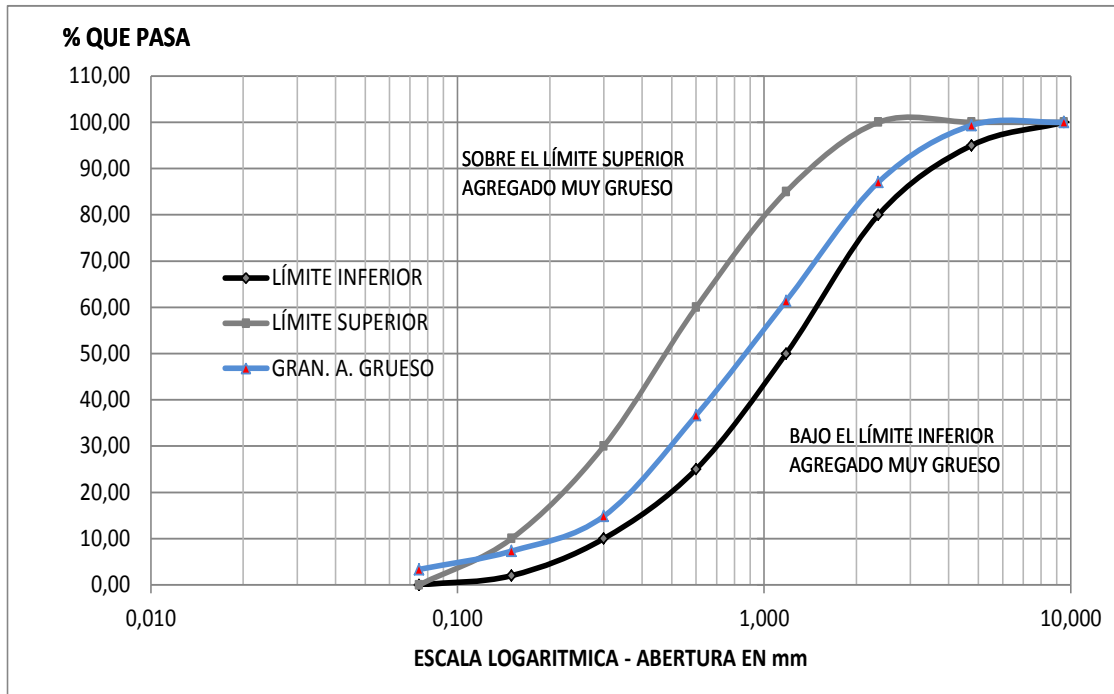



GRÁFICO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO (ARENA)

NORMAS: ASTM C -136, ASTM C-33, ASTM C – 125 (INEN 872)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

MF = Módulo de Finura	2,934
------------------------------	--------------



FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.10 Ensayo de Granulometría del Agregado Grueso (Ripio).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO)



NORMAS: ASTM C -136, ASTM C-33, ASTM C – 125 (INEN 872)
 Constructora Arias”

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos

P = Peso de la Muestra (gr)						10000,00	
Pérdida de Muestra (gr)						20,400	
Pérdida de Muestra (%)						0,204	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	LÍMITE ASTM C-33 QUE PASA	
			M1	M2 = M1*100/P	M3=100-M2	INFERIOR	SUPERIOR
2 ”	53,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1 ½ ”	37,50	0,00	375,50	3,76	96,24	95,00	100,00
1 ”	26,50	724,60	1430,70	14,31	85,69	-	-
¾ ”	19,00	4359,80	3963,50	39,64	60,36	35,00	70,00
½ ”	13,20	3674,60	7188,80	71,89	28,11	0,00	0,00
3/8 ”	9,50	939,80	8884,90	88,85	11,15	10,00	30,00
# 4	4,75	200,60	9825,10	98,25	1,75	0,00	5,00
BANDEJA	0,00	35,10	9979,60	99,80	0,20	-	-

FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Gráfico 6.7.3 Gráfico de Granulometría del Agregado Grueso (Ripio).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

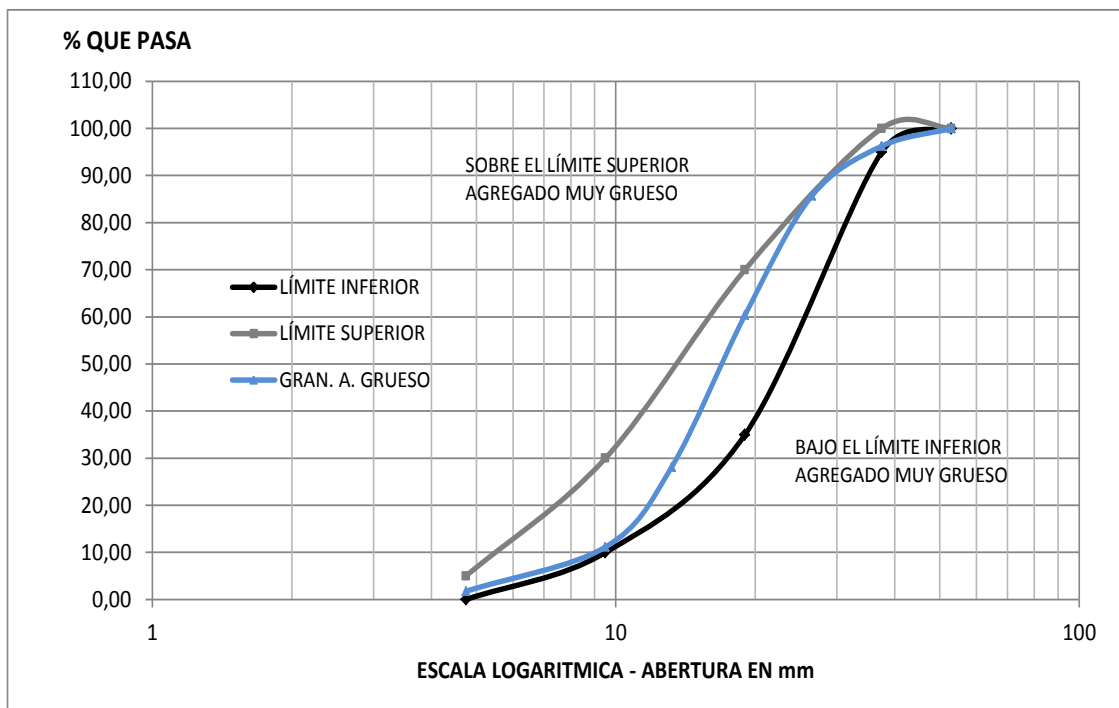


GRÁFICO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO)

NORMAS: ASTM C -136, ASTM C-33, ASTM C – 125 (INEN 872)

ORIGEN: “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias”

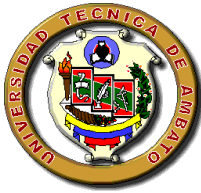
TNM = Tamaño Nominal Máximo	1”
------------------------------------	-----------



FUENTE: “La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles”. AUTOR: ORTEGA CASTRO ALBERTO RENÁN.

Tabla 6.7.11 Ensayo de Densidad del cemento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



DENSIDAD DEL CEMENTO

NORMAS: ASTM C – 188 (NTE INEN 0156-09 2R)

ORIGEN: Cemento “SELVALEGRE”

Descripción	Muestra 1	Unidad
P1 = Peso del Picnómetro	152,30	gr
P2 = Peso Picnómetro + Cemento	408,90	gr
Pc = Peso del Cemento = P2 - P1	256,60	gr
P3 = Peso del Picnómetro + Cemento + Gasolina	710,90	gr
P4 = P3 - P2 = Peso gasolina añadida	302,00	gr
P5 = Peso del Picnómetro + 500cm ³ de Gasolina	518,40	gr
P6 = P5 - P1 = Peso 500cm ³ de Gasolina	366,10	gr
P7 = P6 - P4 = Peso Gasolina Desalojada	64,10	gr
Densidad Gasolina = P6 / 500cm ³	0,73	gr/cm ³
Volumen Gasolina Desalojada = P7 / Densidad Gasolina	87,81	cm ³
DC = Densidad del Cemento = Pc / Volumen Gasolina Des.	2,92	gr/cm³

6.7.2 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

6.7.2.1 Datos.

Se debe determinar los datos que nos servirán para el diseño de la mezcla, como son:

- Resistencia a la compresión: $f'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$
- Asentamiento en el cono de Abrams: 6 a 9 cm (Blanda. Según la norma A.S.T.M. C-143 para edificaciones. Tomado de la Tabla 6.6.3.1 Resumen de Resistencias y Asentamientos.)
- Coeficiente K: 1,110 (K en función del asentamiento. Tomado de la tabla 6.6.2.2.2 Coeficiente K para distintos asentamientos).
- Relación agua/cemento (W/C): 0.58 (Tomado de la Tabla 6.6.2.2.1 Relación agua / cemento).
- Tamaño Nominal Máximo del Ripio (T.N.M): 1" (26,50mm)
- Módulo de Finura (MF) : 2,934
- Densidad en estado SSS o Real de los Agregados: Arena=2,623 gr/cm³
Ripio =2,611gr/cm³.
- Porcentaje Óptimo de los Agregados: Arena=36% Ripio=64%.
- Densidad Aparente Óptima de la Mezcla: 1,888 gr/cm³.
- Densidad Aparente Suelta de los Agregados: Arena=1,317 gr/cm³
Ripio=1,307 gr/cm³.
- Porcentaje de Absorción de los Agregados: Arena=1,223% Ripio=4,260%.
- Contenido de Humedad de los Agregados: Arena=2,215% Ripio=3,518%.

6.7.2.2 Densidad real de la mezcla de los agregados grueso (Ripio) y fino (Arena).

$$DRM = \frac{DRA * POA}{100} + \frac{DRR * POR}{100} \quad \text{Ecuación 6.6.3}$$

$$DRM = \frac{2,623 \text{ gr/cm}^3 * 36\%}{100\%} + \frac{2,611 \text{ gr/cm}^3 * 64\%}{100\%} = 2,6153 \text{ gr/cm}^3$$

6.7.2.3 Porcentaje óptimo de vacíos.

$$POV = \frac{DRM - DAO}{DRM} * 100 \quad \text{Ecuación 6.6.4}$$

$$POV = \frac{2,6153 \text{ gr/cm}^3 - 1,888 \text{ gr/cm}^3}{2,6153 \text{ gr/cm}^3} * 100\% = 27,8094\%$$

6.7.2.4 Volumen de vacíos.

$$VV = POV * 10 \quad \text{Ecuación 6.6.5}$$

$$VV = 27,8094 * 10 = 278,094 \text{ dm}^3$$

6.7.2.5 Cantidad de pasta.

$$CP = VV * K \quad \text{Ecuación 6.6.6}$$

$$CP = 278,094 \text{ dm}^3 * 1,11 = 308,684 \text{ dm}^3$$

6.7.2.6 Masa de cemento, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.

$$C = \frac{CP}{\frac{a}{c} + \frac{1}{DC}} \quad \text{Ecuación 6.6.7}$$

$$C = \frac{308,684dm^3}{0,58 + \frac{1}{2,920 \frac{Kg}{dm^3}}} = 334,630Kg$$

6.7.2.7 Masa de agua, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.

$$W = \left(\frac{a}{c}\right) * C \quad \text{Ecuación 6.6.8}$$

$$W = 0,58 * 334,630Kg = 194,085Kg$$

6.7.2.8 Masa de arena, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.

$$A = (1000) - CP * \frac{POA}{100} * DRA \quad \text{Ecuación 6.6.9}$$

$$A = (1000 - 308,684dm^3) * \frac{36\%}{100\%} * 2,623 \frac{Kg}{dm^3} = 652,796Kg$$

6.7.2.9 Masa de ripio, para un volumen de un metro cúbico de hormigón.

$$R = (1000 - CP) * \frac{POR}{100} * DRR \quad \text{Ecuación 6.6.10}$$

$$R = (1000 - 308,684dm^3) * \frac{64\%}{100\%} * 2,611 \frac{Kg}{dm^3} = 1155,216Kg$$

6.7.2.10 Dosificación al peso.

- Calculo de los factores de material para un saco de cemento.

$$fW, fA, fR = \frac{\text{Cantidad de material de mezclado (W, A, R)}_{1,00 \text{ m}^3}}{\text{Masa de Cemento(C)}} \quad \text{Ecuación 6.6.11}$$

- Factor de agua.

	CANTIDAD POR 1 m ³ (Kg)	DOSIDICACIÓN AL PESO
W	194,085	fW
C	334,630	1,000

$$fW = \frac{194,085 \text{Kg} * 1,000}{334,630 \text{Kg}} = 0,580$$

- Factor de arena.

	CANTIDAD POR 1 m ³ (Kg)	DOSIDICACIÓN AL PESO
C	334,630	1,000
A	652,796	fA

$$fA = \frac{652,796 \text{Kg} * 1,000}{334,630 \text{Kg}} = 1,951$$

- Factor de ripio.

	CANTIDAD POR 1 m ³ (Kg)	DOSIDICACIÓN AL PESO
C	334,630	1,000
R	1155,216	fR

$$fR = \frac{1155,216 \text{Kg} * 1,000}{334,630 \text{Kg}} = 3,452$$

- Calculo de la cantidad de material para un saco de cemento.

$$W_{1saco}, A_{1saco}, R_{1saco} = \frac{fW, fA, fR * 50,00Kg}{1,00} \quad \text{Ecuación 6.6.12}$$

- Cantidad de agua.

	CANTIDAD POR 1 SACO (Kg)	DOSIDICACIÓN AL PESO
W	W_{1saco}	0,580
C	50,00	1,000

$$W_{1saco} = \frac{0,580 * 50,00Kg}{1,00} = 29,00Kg = 29,00Ltrs$$

- Cantidad de arena.

	CANTIDAD POR 1 SACO (Kg)	DOSIDICACIÓN AL PESO
A	A_{1saco}	1,951
C	50,00	1,000

$$A_{1saco} = \frac{1,951 * 50,00Kg}{1,00} = 97,550Kg$$

- Cantidad de ripio.

	CANTIDAD POR 1 SACO (Kg)	DOSIDICACIÓN AL PESO
R	R_{1saco}	3,452
C	50,00	1,000

$$R_{1saco} = \frac{3,452 * 50,00Kg}{1,00} = 172,600Kg$$

6.7.2.11 Corrección por humedad de la dosificación.

- Cantidades corregidas de los agregados: grueso (Ripio) y fino (Arena).

– Arena:

$$A_{1saco_corregido} = A_{1saco} \left(\frac{100 + PHA}{100 + PAb.A} \right) \quad \text{Ecuación 6.6.13}$$

$$A_{1saco_corregido} = 97,550Kg * \left(\frac{100 + 3,363}{100 + 1,223} \right) = 99,612Kg$$

– Ripio:

$$R_{1saco_corregido} = R_{1saco} \left(\frac{100 + PHR}{100 + PAb.R} \right) \quad \text{Ecuación 6.6.14}$$

$$R_{1saco_corregido} = 182,200Kg * \left(\frac{100 + 0,730}{100 + 4,260} \right) = 166,756Kg$$

- Cantidades corregidas de agua en los agregados.

– Arena:

$$WA = A * \frac{PHA - PAb.A}{100 + PAb.A} \quad \text{Ecuación 6.6.15}$$

$$WA = 135,454Kg * \frac{3,363 - 1,223}{100 + 1,223} = 2,106Kg$$

– Ripio:

$$WR = R * \frac{PHR - PAb.R}{100 + PAb.R} \quad \text{Ecuación 6.6.16}$$

$$WR = 177,293Kg * \frac{0,730 - 4,260}{100 + 4,260} = -5,646Kg$$

- Cantidad corregida de agua.

$$W_{1saco_corregido} = W_{1saco} + [-(WA) - (WR)] \quad \text{Ecuación 6.6.17}$$

$$W_{1saco_corregido} = 29,00Kg + [-(2,106Kg) - (-5,646)] = 32,254kg = 32,540Ltrs$$

Tabla 6.7.12 Resumen de la Dosificación al Peso y Corrección de la Dosificación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO DEL LABORATORIO DE

ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.



DOSIFICACIÓN AL PESO					DOSIFICACIÓN AL PESO CORREGIDA			
MATERIAL	CANTIDAD POR 1 m ³ (Kg)	FACTORES DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD POR SACO	U	CANTIDADES CORREGIDAS DE AGUA	U		U
Agua (W)	194,085	0,580	29,000	lts	3,54	lts	32,540	lts
Cemento (C)	334,630	1,000	50,000	Kg			50,000	Kg
Arena (F)	652,796	1,951	97,550	Kg	-2,106	Kg	99,612	Kg
Ripio (G)	1155,216	3,452	172,600	Kg	5,646	Kg	166,756	Kg

6.7.3 TÉCNICAS O MÉTODOS DE CURADO DEL HORMIGÓN.- Una vez obtenida y chequeada la consistencia requerida, y fabricada las probetas de hormigón se procede a curarlas empleando las siguientes técnicas:

Gráfico 6.7.4 Resumen de las Técnicas de Curado Empleadas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TÉCNICAS DE CURADO EMPLEADAS



FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.5 Curado con membrana química Curinsol de Aditec.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO MEDIANTE MEMBRANA QUÍMICA CURINSOL DE ADITEC

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.6 Curado con membranas plásticas (plástico transparente).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**CURADO MEDIANTE MEMBRANA PLÁSTICAS CON PLÁSTICO
TRANSPARENTE**

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.7 Curado con membranas plásticas (plástico negro).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO CON MEMBRANA PLÁSTICAS CON PLÁSTICO NEGRO

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.8 Curado por aspersión de agua durante cuatro días.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO POR ASPERSIÓN DE AGUA DURANTE CUATRO DÍAS

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.9 Curado por aspersión de agua durante siete días.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO POR ASPERSIÓN DE AGUA DURANTE SIETE DÍAS

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.10 Curado por sistema combinado: 4 días por inundación y luego con membrana química (Aditec-Curinsol).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO CON MEMBRANA QUÍMICA (SIKA-ANTISOL BLANCO)

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.11 Curado con material saturado utilizando arena.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO MEDIANTE MATERIAL SATURADO UTILIZANDO ARENA

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.12 Curado con tela mojada con yute.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



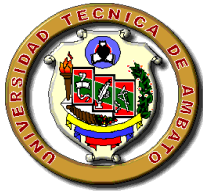
CURADO MEDIANTE TELA MOJADA CON YUTE

FECHA: Julio del 2013



Gráfico 6.7.13 Curado en la cámara de curado en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.T.A.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CURADO EN LA CÁMARA DE CURADO EN EL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA U.T.A.

FECHA: Julio del 2013

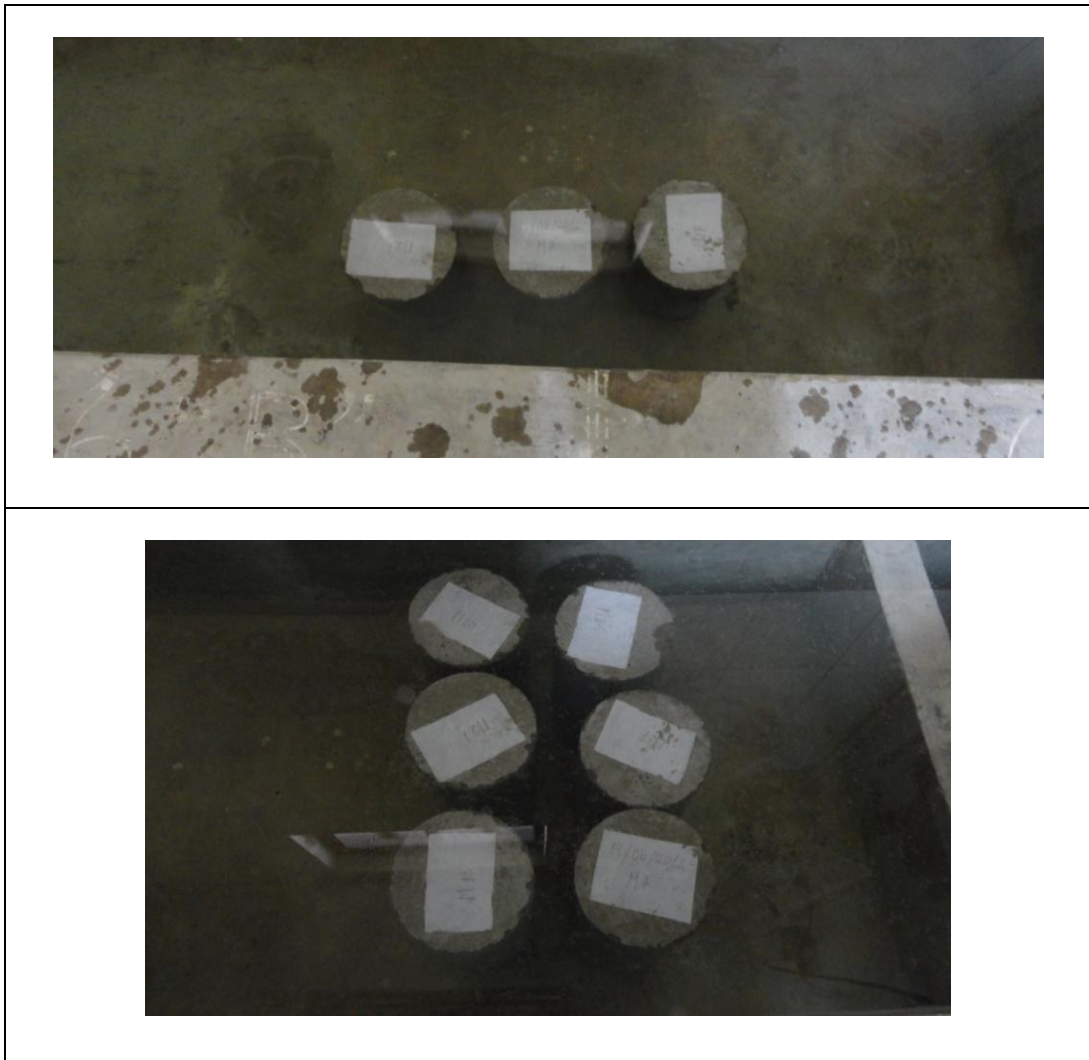


Gráfico 6.7.14 Sin ningún tipo de curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





SIN NINGÚN TIPO DE CURADO

FECHA: Julio del 2013



6.7.4 DURACIÓN MÍNIMA ESTIMADA, EN DÍAS DEL PERÍODO DE CURADO TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LOS FACTORES AMBIENTALES.

Tabla 6.7.13 Parámetros Climáticos Promedio de Ambato.

 PARÁMETROS CLIMÁTICOS PROMEDIO DE AMBATO 													
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Temperatura Máxima Registrada (°C)	29,00	26,00	32,00	25,00	30,40	29,00	31,00	25,30	29,00	25,20	29,00	29,00	32,00
Temperatura Diaria Máxima (°C)	18,90	18,90	18,80	19,10	19,20	19,40	19,70	20,20	20,30	19,80	19,30	19,10	19,40
Temperatura Diaria Promedio (°C)	14,40	14,50	14,50	14,70	14,60	14,50	14,40	14,80	14,80	14,70	14,40	14,40	14,60
Temperatura Diaria Mínima (°C)	9,90	10,10	10,20	10,20	10,00	9,60	9,10	9,30	9,30	9,50	9,60	9,70	9,70
Temperatura Mínima Registrada (°C)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,60	0,60	1,10	1,00	0,00	1,10	0,00
Lluvias (mm)	59,00	60,80	82,70	58,20	52,40	16,40	10,50	15,40	49,80	60,80	60,20	47,20	573,40
Días de lluvias (≥ 1 mm)	1,90	2,20	2,70	1,90	1,70	0,50	0,30	0,50	1,70	2,00	2,00	1,50	18,90
Días de nevadas (≥ 1 cm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: “MEOWEATHER”

- Condiciones de Exposición Ambiental: Normales, no agresivas.
- La temperatura media entre los meses de Junio, Julio y Agosto es de 14,57°C.

$$D = K * L * D_0 + D_1 \quad \text{Ecuación 6.6.18}$$

K = 1,00 Coeficiente de ponderación ambiental, de acuerdo con la tabla N° 6.6.8

D0 = 4,00 Parámetro básico de curado, según la tabla N°6.6.9

L = 1,00 Coeficiente de ponderación térmica, según la tabla N°. 6.6.10

D1 = 0,00 Parámetro en función del tipo de cemento, según la tabla N° 6.6.11

$$D = (1,00 * 1,00 * 4,00 + 0,00)días = 4,00días$$

La Duración Mínima de Curado Estimada para la ciudad de Ambato Provincia del Tungurahua es de 4,00 Días.

6.7.5 RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PROBETAS.

Tabla 6.7.14 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando membrana química SIKA como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

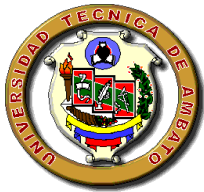
ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Membrana química SIKA **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
1	Antisol de SIKA	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	130,08	61,94	128,58	61,23
2	Antisol de SIKA	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	127,58	60,75		
3	Antisol de SIKA	15,20	24-jun-13	28-jun-13	4,00	128,07	60,99		
61	Antisol de SIKA	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	168,95	80,45	176,08	83,85
62	Antisol de SIKA	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	180,63	86,01		
63	Antisol de SIKA	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	178,65	85,07		
31	Antisol de SIKA	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	224,80	107,05	228,13	108,63
32	Antisol de SIKA	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	229,30	109,19		
33	Antisol de SIKA	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	230,30	109,67		

Gráfico 6.7.15 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando membrana química SIKA como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Membrana química SIKA NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

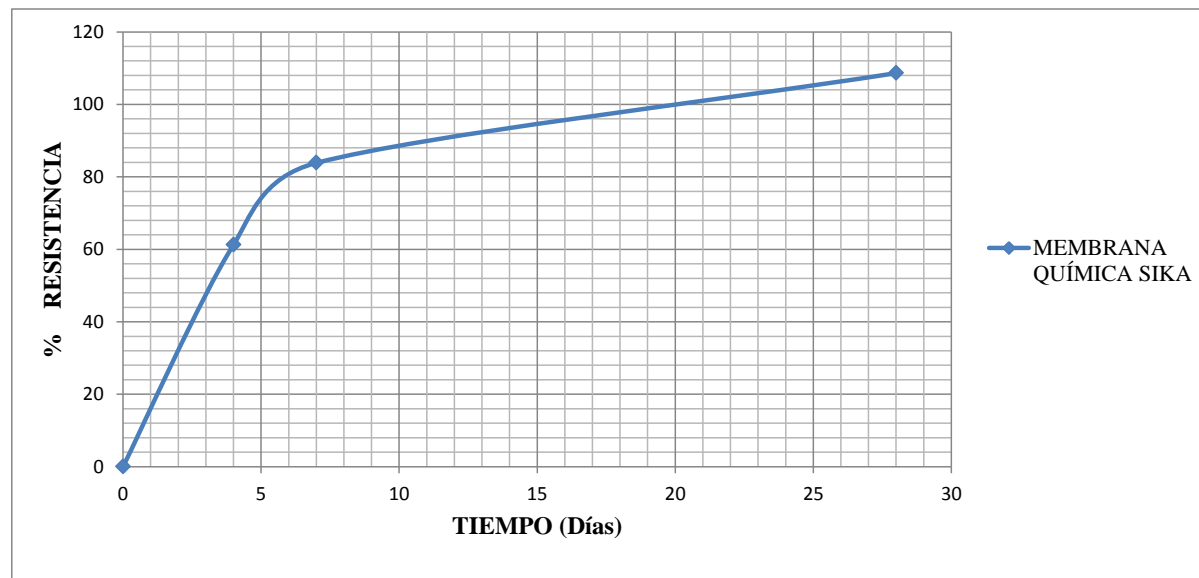


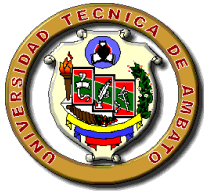
Tabla 6.7.15 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando membrana química ADITEC como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Membrana química ADITEC **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
4	Curinsol de ADITEC	15,20	24-jun-13	28-jun-13	4,00	120,41	57,34	121,43	57,82
5	Curinsol de ADITEC	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	121,55	57,88		
6	Curinsol de ADITEC	15,20	24-jun-13	28-jun-13	4,00	122,34	58,26		
64	Curinsol de ADITEC	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	157,68	75,09	163,15	77,69
65	Curinsol de ADITEC	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	164,77	78,46		
66	Curinsol de ADITEC	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	167,00	79,52		
34	Curinsol de ADITEC	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	230,11	109,58	233,26	111,08
35	Curinsol de ADITEC	15,30	26-jun-13	24-jul-13	28,00	235,08	111,94		
36	Curinsol de ADITEC	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	234,60	111,71		

Gráfico 6.7.16 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando membrana química ADITEC como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Membrana química ADITEC NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

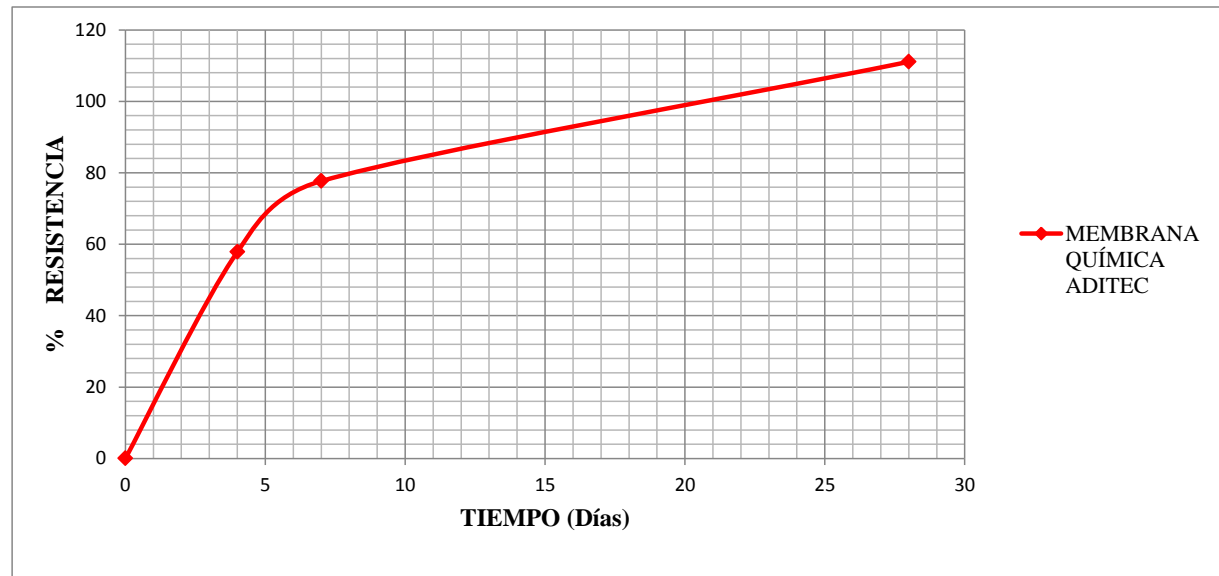


Tabla 6.7.16 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando plástico transparente como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

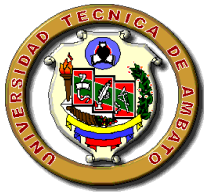
ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Plástico transparente **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
7	Plast. Transparente	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	127,80	60,86	127,08	60,51
8	Plast. Transparente	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	128,00	60,95		
9	Plast. Transparente	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	125,45	59,74		
67	Plast. Transparente	15,30	25-jun-13	02-jul-13	7,00	177,54	84,54	177,44	84,50
68	Plast. Transparente	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	178,35	84,93		
69	Plast. Transparente	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	176,42	84,01		
37	Plast. Transparente	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	236,76	112,74	233,79	111,33
38	Plast. Transparente	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	234,70	111,76		
39	Plast. Transparente	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	229,90	109,48		

Gráfico 6.7.17 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando plástico transparente como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Plástico transparente NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

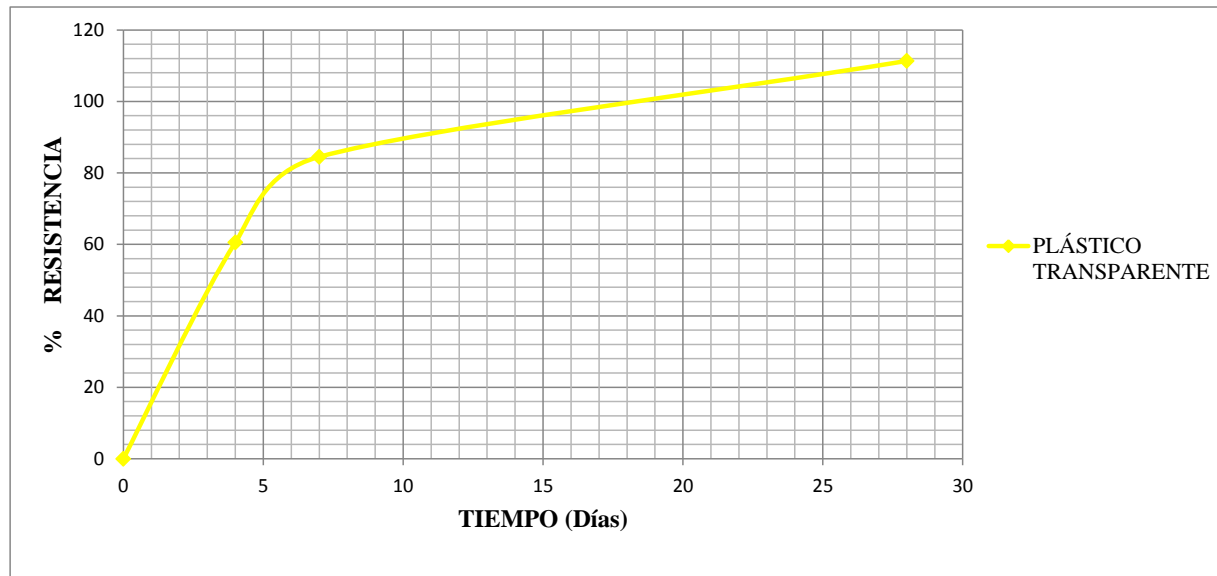


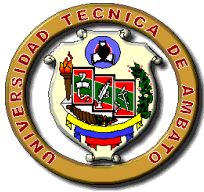
Tabla 6.7.17 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando plástico negro como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Plástico negro **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
10	Plast. Negro	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	120,60	57,43	121,79	58,00
11	Plast. Negro	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	122,34	58,26		
12	Plast. Negro	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	122,44	58,30		
70	Plast. Negro	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	181,68	86,51	181,66	86,50
71	Plast. Negro	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	180,60	86,00		
72	Plast. Negro	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	182,69	87,00		
40	Plast. Negro	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	222,22	105,82	223,20	106,29
41	Plast. Negro	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	223,54	106,45		
42	Plast. Negro	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	223,84	106,59		

Gráfico 6.7.18 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando plástico transparente como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Plástico negro NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

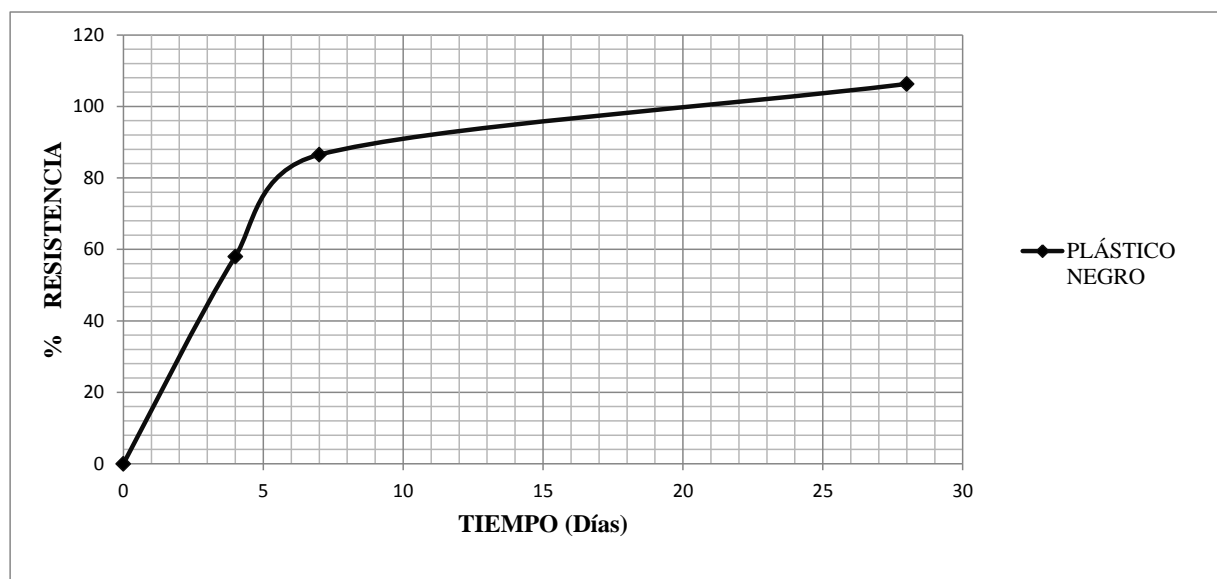


Tabla 6.7.18 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando aspersión con agua durante cuatro días como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Aspersión con agua durante cuatro días **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
13	Aspersión 4 días	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	117,87	56,13	116,03	55,25
14	Aspersión 4 días	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	115,88	55,18		
15	Aspersión 4 días	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	114,35	54,45		
73	Aspersión 4 días	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	142,33	67,78	144,01	68,58
74	Aspersión 4 días	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	145,50	69,29		
75	Aspersión 4 días	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	144,20	68,67		
43	Aspersión 4 días	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	207,90	99,00	206,22	98,20
44	Aspersión 4 días	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	206,77	98,46		
45	Aspersión 4 días	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	204,00	97,14		

Gráfico 6.7.19 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando Aspersión con agua durante cuatro días como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Aspersión con agua durante cuatro días **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a **f'c = 210 Kg/cm²**

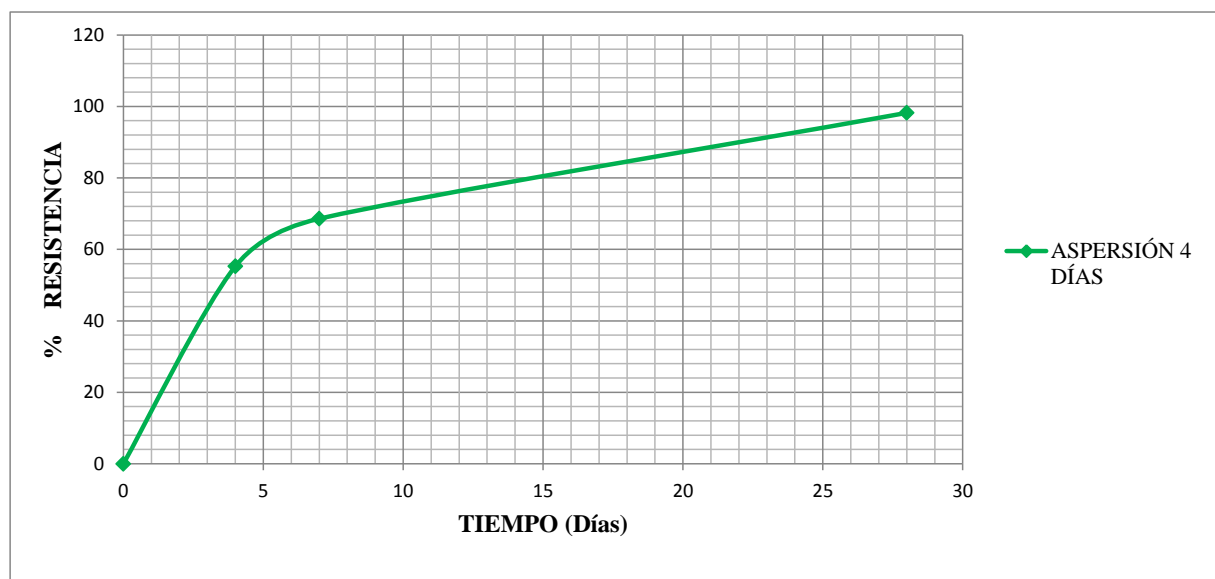


Tabla 6.7.19 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando aspersión con agua durante siete días como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Aspersión con agua durante siete días **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
16	Aspersión 7 días	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	120,15	57,21	121,83	58,01
17	Aspersión 7 días	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	123,55	58,83		
18	Aspersión 7 días	15,30	24-jun-13	28-jun-13	4,00	121,79	58,00		
76	Aspersión 7 días	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	166,78	79,42	166,77	79,41
77	Aspersión 7 días	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	166,00	79,05		
78	Aspersión 7 días	15,30	25-jun-13	02-jul-13	7,00	167,53	79,78		
46	Aspersión 7 días	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	209,89	99,95	211,16	100,55
47	Aspersión 7 días	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	210,10	100,05		
48	Aspersión 7 días	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	213,50	101,67		

Gráfico 6.7.20 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando Aspersión con agua durante siete días como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Aspersión con agua durante siete días **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

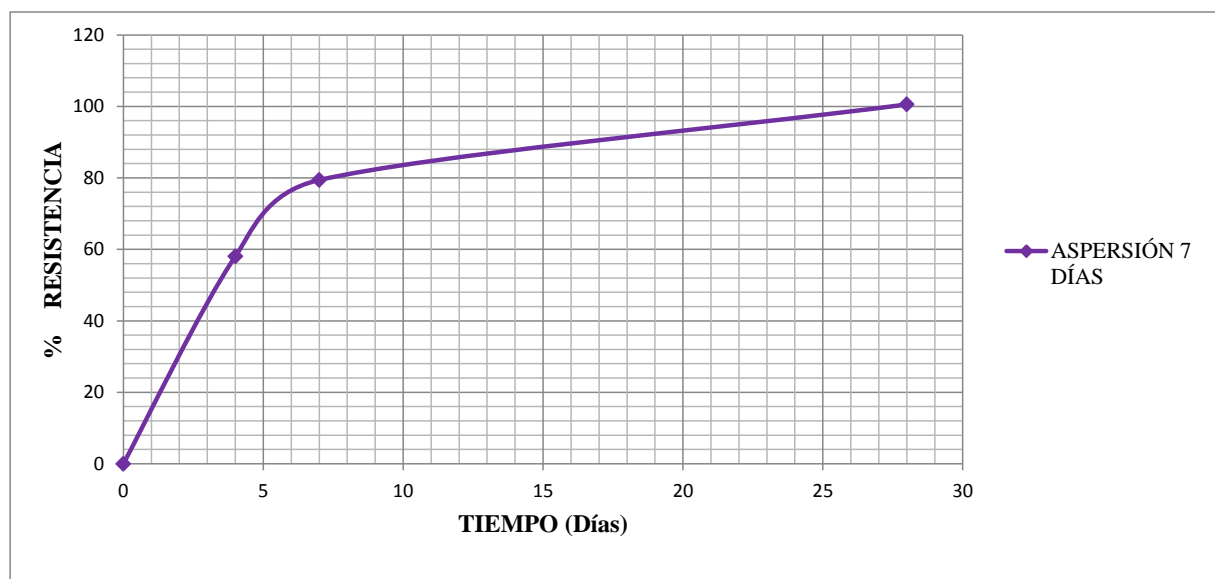


Tabla 6.7.20 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando arena saturada como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Arena saturada **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
19	Arena Saturada	15.10	24-jun-13	28-jun-13	4.00	90.90	43.29	91.27	43.46
20	Arena Saturada	15.10	24-jun-13	28-jun-13	4.00	92.90	44.24		
21	Arena Saturada	15.10	24-jun-13	28-jun-13	4.00	90.00	42.86		
79	Arena Saturada	15.10	25-jun-13	02-jul-13	7.00	198.89	94.71	201.67	96.03
80	Arena Saturada	15.10	25-jun-13	02-jul-13	7.00	206.13	98.16		
81	Arena Saturada	15.20	25-jun-13	02-jul-13	7.00	200.00	95.24		
49	Arena Saturada	15.10	26-jun-13	24-jul-13	28.00	229.90	109.48	228.39	108.76
50	Arena Saturada	15.20	26-jun-13	24-jul-13	28.00	225.28	107.28		
51	Arena Saturada	15.20	26-jun-13	24-jul-13	28.00	230.00	109.52		

Gráfico 6.7.21 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando arena saturada como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Arena saturada **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a **f'c = 210 Kg/cm²**

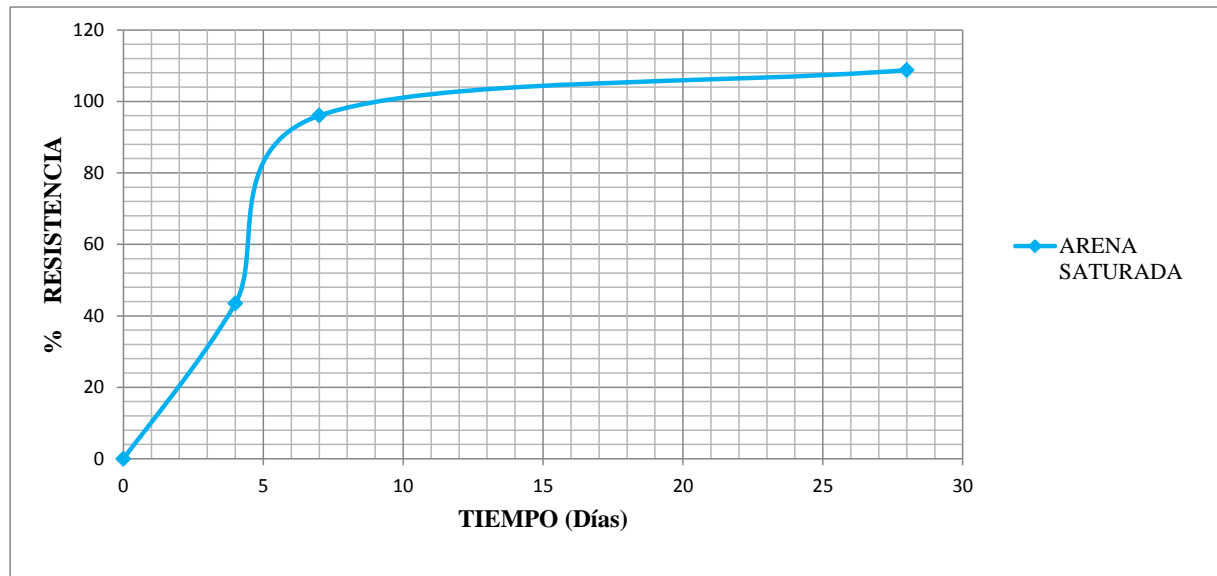


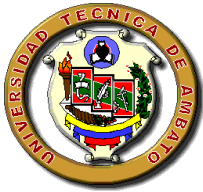
Tabla 6.7.21 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando tela mojada con yute como curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Tela mojada con yute **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
22	Yute	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	103,65	49,36	101,40	48,29
23	Yute	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	95,89	45,66		
24	Yute	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	104,67	49,84		
82	Yute	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	175,34	83,50	175,08	83,37
83	Yute	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	178,90	85,19		
84	Yute	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	170,99	81,42		
52	Yute	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	228,70	108,90	226,49	107,85
53	Yute	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	228,56	108,84		
54	Yute	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	222,22	105,82		

Gráfico 6.7.22 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando tela mojada con yute como curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Tela mojada con yute NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

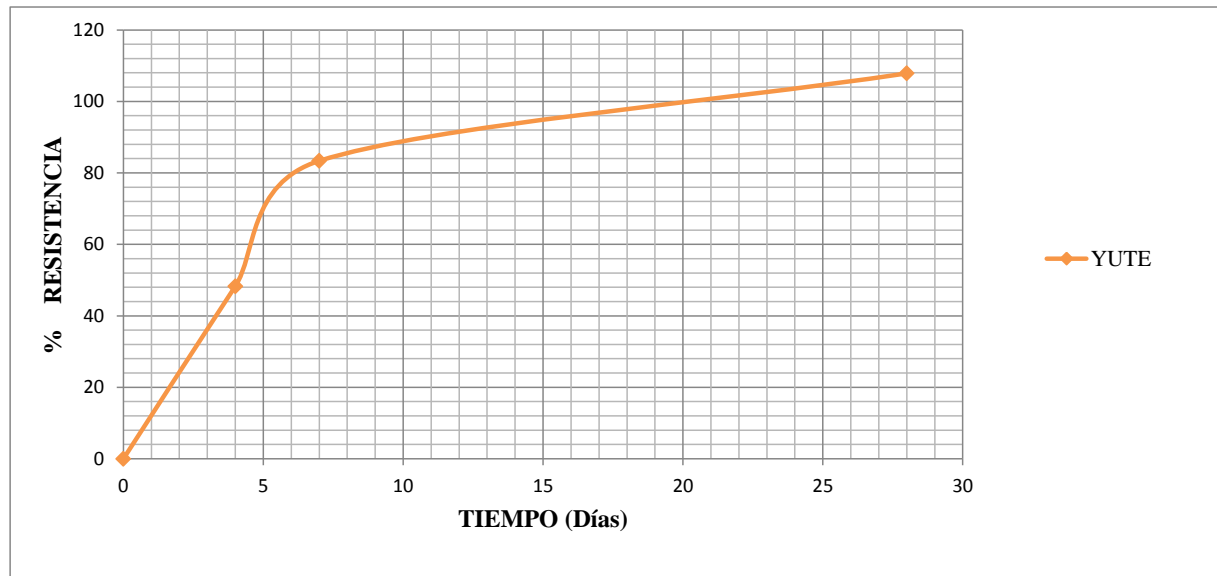


Tabla 6.7.22 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando cámara de curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

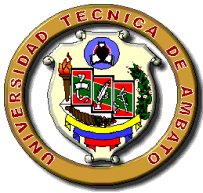
ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Cámara de curado **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a **f_c** = 210 Kg/cm²

CILINDRO Nº	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
25	Cámara de curado	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	137,77	65,60	140,80	67,05
26	Cámara de curado	15,30	24-jun-13	28-jun-13	4,00	141,08	67,18		
27	Cámara de curado	15,20	24-jun-13	28-jun-13	4,00	143,56	68,36		
85	Cámara de curado	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	191,78	91,32	191,26	91,08
86	Cámara de curado	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	192,00	91,43		
87	Cámara de curado	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	190,00	90,48		
55	Cámara de curado	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	237,87	113,27	234,32	111,58
56	Cámara de curado	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	234,60	111,71		
57	Cámara de curado	15,20	26-jun-13	24-jul-13	28,00	230,50	109,76		

Gráfico 6.7.23 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, empleando cámara de curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Cámara de curado NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

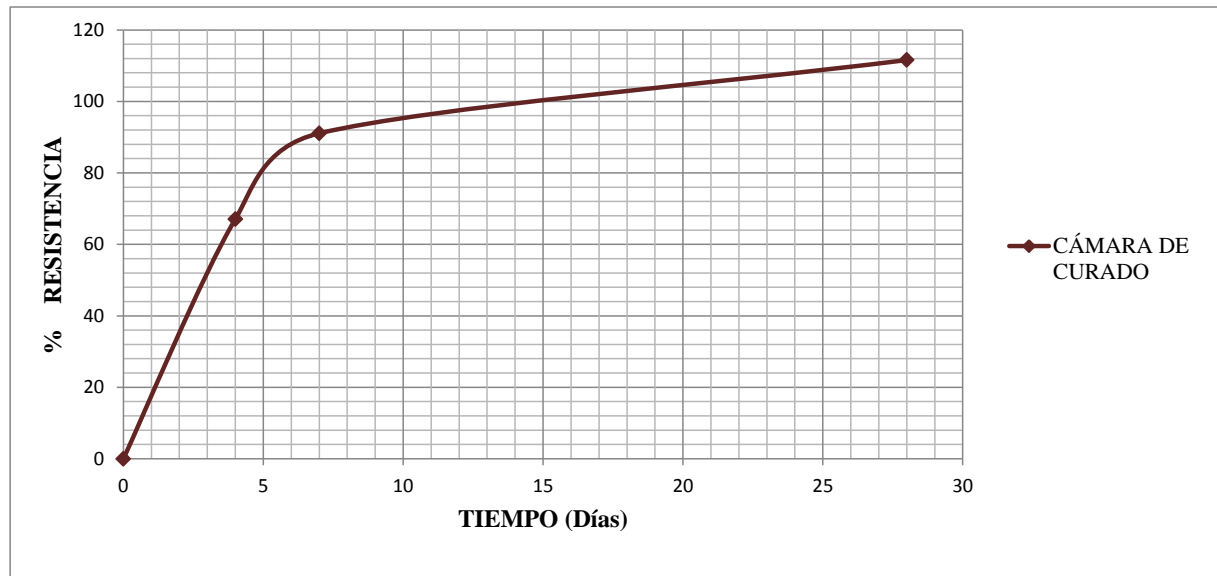


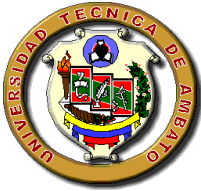
Tabla 6.7.23 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, sin curado.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Sin curado **NORMAS:** ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CILINDRO N°	CURADO Tipo	DIÁMETRO cm	FECHA		EDAD Días	RESISTENCIA		RESIS. PROMEDIO	
			Elaborado	Ensayado		Kg / cm ²	%	Kg / cm ²	%
28	Sin curado	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	74,96	35,70	76,00	36,19
29	Sin curado	15,10	24-jun-13	28-jun-13	4,00	73,67	35,08		
30	Sin curado	15,20	24-jun-13	28-jun-13	4,00	79,36	37,79		
88	Sin curado	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	92,45	44,02	93,31	44,43
89	Sin curado	15,10	25-jun-13	02-jul-13	7,00	94,80	45,14		
90	Sin curado	15,20	25-jun-13	02-jul-13	7,00	92,68	44,13		
58	Sin curado	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	138,90	66,14	133,33	63,49
59	Sin curado	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	139,79	66,57		
60	Sin curado	15,10	26-jun-13	24-jul-13	28,00	121,30	57,76		

Gráfico 6.7.24 Ensayos de compresión en cilindros de prueba a los 4 (curado mínimo), 7 y 28 días de edad, sin curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO



TIPO DE CURADO: Sin curado NORMAS: ASTM C39/C39M – 12a $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

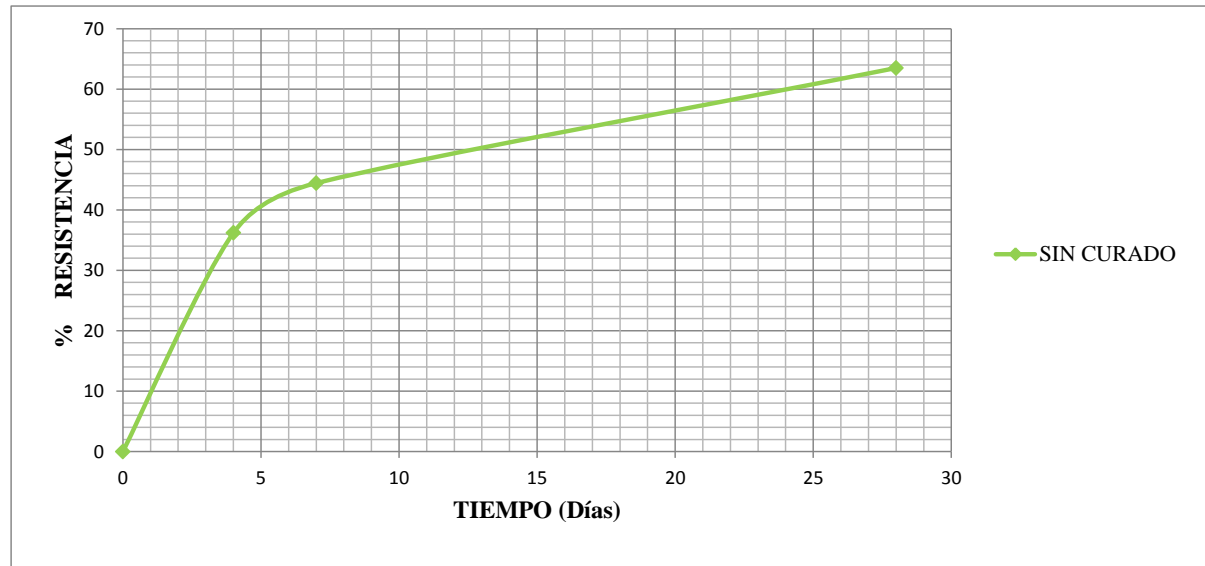


Tabla 6.7.24 Cuadro comparativo para distintos tipos y tiempos de curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CUADRO COMPARATIVO PARA DISTINTOS TIPOS Y TIEMPOS DE CURADO

NORMAS: ASTM C39/C39M – 12ª

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

RESISTENCIA								
EDAD	SIN CURADO		4 DÍAS CURADO		7 DÍAS CURADO		CURADO PERMANENTE	
Días	Kg/cm²	%	Kg/cm²	%	Kg/cm²	%	Kg/cm²	%
4,00	76,00	36,19	116,03	55,25	121,83	58,01	140,80	67,05
7,00	93,31	44,43	144,01	68,58	166,77	79,41	191,26	91,08
28,00	133,33	63,49	206,22	98,20	211,16	100,55	234,32	111,58

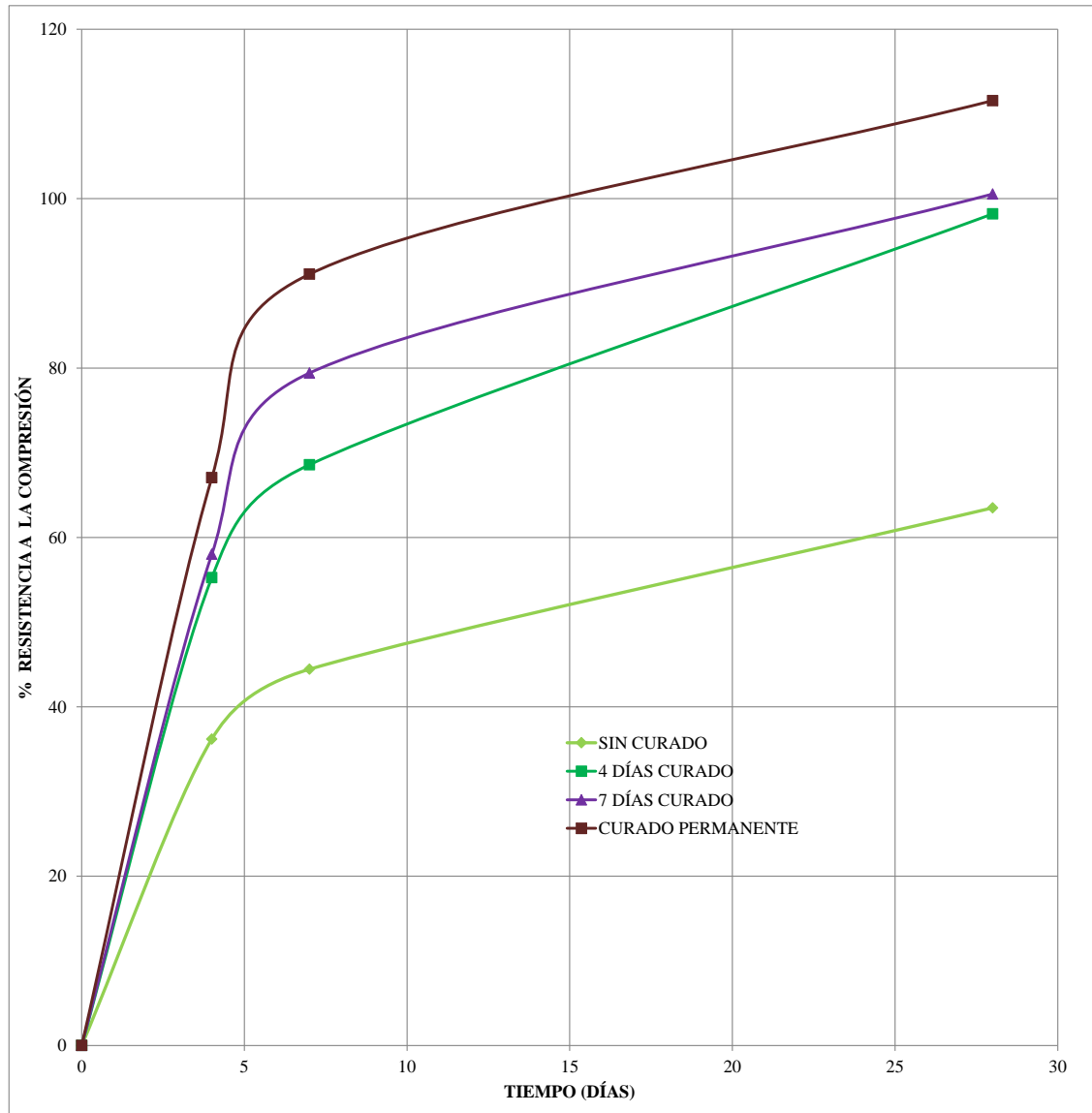
Gráfico 6.7.25 Gráfico comparativo para distintos tipos y tiempos de curado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



GRÁFICO COMPARATIVO PARA DISTINTOS TIPOS Y TIEMPOS DE CURADO



6.8 ADMINISTRACIÓN.

Los recursos empleados para la administración del presente proyecto son: los datos proporcionados por la Dirección de Control Urbano, Ambiental, Canteras y Riesgos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, la ayuda bibliográfica de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el material pétreo de la cantera “Planta de Trituración de Áridos Constructora Arias” y el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la misma facultad; bajo la supervisión del Ing. M.Sc. Víctor Hugo Paredes quien siguió paso a paso este proyecto.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.

Con el presente proyecto se demuestra la importancia que tiene el curado en el hormigón, ya que claramente se puede notar que un hormigón que ha permanecido expuesto al aire, sin ningún tipo de curado, a los 28 días alcanza un 60% de la resistencia obtenida por un hormigón que ha permanecido esos 28 días en condiciones de humedad y temperatura favorables.

6.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.10.1 CONCLUSIONES.

- Utilizando el factor de la relación agua/cemento corregido se obtienen resistencias a la compresión mayores a la esperada.
- Al emplear cualquier técnica de curado estudiada se nota claramente que se obtienen las resistencias requeridas del hormigón.
- Utilizando el curado por aspersión durante cuatro días obtuvo una resistencia del 98,20 % a los 28 días de edad.

- Por los valores obtenidos el ensayo de compresión simple se nota que el hormigón aumenta de una forma acelerada su resistencia durante sus primeros siete días.
- Las probetas expuestas al curado con agua permanente son las de mayor resistencia.
- Las probetas que no tuvieron ningún tipo de curado alcanzaron una resistencia del 63,49% poniendo en evidencia las consecuencias de no curar el hormigón.
- Cuando una estructura tiene una posición horizontal, se puede ocupar cualquier tipo de curado, más va a depender de los costos.
- Cuando la estructura tiene una posición vertical el uso de curados se restringe, no hay como utilizar curados de inmersión o de material saturado.
- En el caso de que una estructura tenga que ser pintada o tenga que pegarse algún tipo de acabado, se restringe el uso de curadores químicos.

6.10.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda curar cualquier tipo de construcción de hormigón.
- El curado en la ciudad de Ambato tiene que ser de mínimo cuatro días, después que el agua de exudación haya desaparecido.
- Si es posible se debe emplear un curado permanente durante siete días.
- En ocasiones, como en muros donde se debe curar un nivel y todavía existe refuerzo sobresalido de la estructura el uso de plásticos o telas es posible pero con cierta dificultad en la colocación, se debe tener muy en cuenta que la cubierta tiene que quedar herméticamente sellada.
- La presencia de tránsito es un factor fundamental a considerar, cuando la estructura recién fundida tiene que servir de paso, el curador a utilizarse tiene

que ser resistente a este, por ejemplo un curado por aspersión, materiales saturados son los aconsejables.

- Para elementos verticales lo más recomendable es el uso de membranas químicas.
- En el caso de columnas la inmersión es imposible por lo que se opta por membranas químicas, al igual que en superficies inclinadas, la tendencia es colocar láminas de polietileno o membranas químicas.

C. MATERIALES DE REFERENCIA.

BIBLIOGRAFÍA.

- IBRACON, “Concreto, Ensayo, Investigación y Realizaciones”, Editor G. C. Isaia, Sao Paulo, 2005.
- García San Martín, J. M., “Compuestos de Curado”, Seminario 1.2 “Aditivos para Hormigones, Morteros y Pastas”, Madrid, 1982.
- SIKA, Manual de Hormigón (2008).
- Dhir, R. K., Hewlett, P. C., and Chan Y. N.,”Near surface Characteristics of Concrete. Abrasion Resistance, Materials and Structures, V.24, 1991.
- TAMAYO, Jazmina "Los agregados de las minas ubicadas junto a la vía Puyo – madre tierra provincia de Pastaza y su incidencia en la resistencia del hormigón" (2011).
- ORTEGA, Alberto "La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles."
- Holt, Erika E., “Where did these Cracks come from?”, ACI, Concrete International, September, 2000.
- BOWLES, Joseph “Manual de Laboratorio de Suelos. Editorial. Mc Graw Hill México D.F., México.
- MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".
- ADITEC, Manual del constructor.
- ACI, Manual of Concrete Practice.
- CAMANIERO, Raúl “Dosificación de Mezclas”.
- NRMCA, National Ready Mixed Association.

- ASTM, American Society for Testing and Materials, vol 04.02 – 2008.
- INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2002).
- EHE-O8, Instrucción de Hormigón Estructural (2008).
- CFE, Manual de Tecnología del Concreto (2004).
- BARNOFF, Robert “El curado del concreto” (1996).

WEBGRAFIA

- [http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/Tesis2008 _ Anabela – Gabalec _ Tiempo-de-Fraguado-del-Hormigon.pdf](http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/Tesis2008_Anabela-Gabalec_Tiempo-de-Fraguado-del-Hormigon.pdf).
- <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%205-%20EL%20CEMENTO.pdf>.
- <http://planosdecasas.biz/arquitectura/hormigon-significado-importancia-calidad-tecnico/>.
- [http://www.ieca.es/Uploads/docs/Luco%20Curado%20-%20Parte% 20I .pdf](http://www.ieca.es/Uploads/docs/Luco%20Curado%20-%20Parte%20I.pdf).
- <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/MedidaConsistenciaHORMIGON.ConoABRAMS.pdf>.
- <http://www.iccyc.com/pagecreator/paginas/userFiles/manualOBRA.pdf>.
- <http://www.imcyc.com/ct2006/marzo06/PROBLEMAS.pdf>.
- www.wikipedia.org.es.
- www.concretonline.com.
- [http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/ otros-recursos-1/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf](http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/otros-recursos-1/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf).

ANEXOS.

1. Modelo encuesta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**ENTREVISTA REALIZADA EN CONSTRUCCIONES DE MÁS DE 3
PISOS, CANTÓN AMBATO, SECTOR LA MATRIZ.**

Encuesta N°:.....

Fecha:.....

a) Sabe ¿qué es curar el hormigón?

SI NO

b) ¿Cura el hormigón colocado?

SI NO

c) ¿Qué técnica utiliza para curar el hormigón?

c.1) Con agua. SI NO

¿Cuántos días?.....

c.2) Con membrana química. SI NO

¿Qué tipo de membrana química?.....

d) ¿Sabe, en qué influye el curado en el hormigón?

SI NO

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

2. Prueba de consistencia.



3. Elaboración de probetas cilíndricas de hormigón.



4. Ensayos de compresión en función del tiempo.

