

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN-Managua)
Facultad de Ciencias e Ingenierías
Ingeniería Civil.**



**Título:
Influencia de los métodos de curado en el desarrollo de la
resistencia a la compresión del concreto.**

Monografía para optar al título de Ing. Civil.

Presentado por:

**Oliver Alemán Flores
Joaquín Montoya Machado**

**Tutor:
Ing. Oswaldo Balmaceda**

Managua, Noviembre de 2014.

Índice

CAPITULO 1.	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.	4
1.4.1 Objetivo general.	4
1.4.2 Objetivos específicos.	4
CAPITULO 2.	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Mezcla de concreto.....	5
2.2 Propiedades del concreto.	5
2.3 Materiales que Intervienen en una Mezcla de Concreto.....	5
2.3.1 Cemento	6
2.3.2 Agregado Fino o Arenas.....	9
2.3.3 Agregado Grueso (Grava).	13
2.3.4 Agua para elaboración de concreto.....	15
2.4 Estados del concreto.	16
2.4.1 Concreto en estado fresco.....	17
2.4.2 Pasta de cemento.	17
2.4.3 Pasta recién mezclada.	18
2.4.4 Relación agua/cemento.....	18
2.4.5 Revenimiento del concreto.....	18
2.4.6 Pasta en proceso de fraguado.	19
2.4.7 Pasta en estado endurecido.	19
2.5 Hidratación del cemento.	20
2.5.1 Cantidad mínima de agua de hidratación.....	20
2.5.2 Proceso de Hidratación del cemento.	20
2.5.3 Calor de Hidratación del cemento.....	21
2.6 Propiedades que intervienen en la mezcla de Concreto.	22
2.6.1 Densidad del concreto.....	22
2.6.2 Temperatura del concreto.....	22



2.6.3	Consistencia, fluidez o trabajabilidad del concreto.....	23
2.6.4	Fenómeno de Exudación del Concreto.....	23
2.6.5	Secado prematuro del Concreto.....	24
2.6.6	Influencia de la humedad en las propiedades del concreto.....	25
2.7	Curado del concreto.	25
2.7.1	Importancia del curado del concreto.	28
2.7.2	Influencia de la temperatura de curado en el desarrollo de las propiedades del concreto. 29	
2.7.3	Consecuencias del mal curado.	29
2.7.4	Métodos de curado del concreto.	31
2.7.5	Normativa para el curado con membranas.....	34
2.8	Consideraciones previas para la elaboración de concreto.	36
2.8.1	Instrumentos para medir la resistencia a compresión del concreto.....	40
2.8.2	Aspectos generales al ensayar los cilindros.....	41
2.9	Influencia de la Temperatura Ambiente en las Propiedades del concreto.	43
2.10	Influencia de la temperatura sobre las propiedades del concreto.....	44
2.11	Análisis de la problemática (consideraciones industriales y económicas).....	45
2.12	Efectos que provoca la temperatura ambiental sobre las propiedades del concreto.	48
2.13	Propiedades afectadas en estado fresco.....	50
2.13.1	Trabajabilidad y pérdida de trabajabilidad.....	50
2.14	Tiempos de fraguado.....	52
2.15	Retracción plástica y fisuración.....	54
2.16	Propiedades afectadas en estado endurecido.	55
2.16.1	Resistencia mecánica.....	55
2.16.2	Durabilidad.....	58
2.16.3	Permeabilidad.....	58
2.17	Factores medio ambientales asociados a la influencia en las propiedades del concreto.	59
2.18	Parámetros térmicos ambientales.....	60
2.18.1	Temperatura ambiente.....	60
2.18.2	Radiación solar.....	61
2.18.3	Velocidad del viento.....	62
2.19	Climatología de Nicaragua.....	62

2.19.1	Temperatura media anual.	63
2.19.2	Zonas climáticas.....	63
2.19.3	Clima Caliente y Sub-Húmedo con Lluvia en Verano.....	64
2.19.4	El Clima Monzónico.	64
2.19.5	Clima Caliente y Húmedo con Lluvia todo el Año.....	65
2.19.6	Clima Seco y Árido.	65
2.19.7	Clima Templado Lluvioso.	65
2.20	Climatología de la zona de estudios.	65
2.21	Climatología del municipio de Managua.	66
CAPITULO 3.		68
3.	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ENSAYE DE MUESTRAS.....	68
3.1	Descripción del trabajo a realizar.....	68
3.2	Toma de muestras de concreto.	68
3.3	Procedimiento para la construcción de especímenes de prueba ASTM C31.	68
3.3.1	Prueba de revenimiento.....	68
3.3.2	Moldes de especímenes.	70
3.3.3	Llenado de los cilindros de Muestras.	70
3.3.4	Desencofre de las Muestras de Concreto.....	72
3.4	Curado de especímenes por el método de curado Húmedo.	72
3.5	Curado de especímenes con formadores de membrana.....	73
3.6	Descripción de los productos de curado según fabricante.	75
3.7	Procedimiento de ensaye o pruebas de resistencia a la compresión para ambos métodos de curado.....	79
CAPITULO 4.		82
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	82
4.1	Resultados de las Pruebas de Revenimiento.....	82
4.2	Análisis de resultados de pesos iniciales y finales de las muestras para encontrar el porcentaje de retención de cada membrana.....	83
4.3	Retención de agua de las membranas a las 72 horas según ASTM C156.....	87
4.4	Determinación de la tasa de evaporación a partir de datos meteorológicos.....	88
4.5	Análisis de las pruebas de Compresión.	90
4.5.1	Resultados obtenidos con membrana Kurez Box White.	90
4.5.2	Resultados obtenidos con Curamax (Curador que no forma membrana).	92
4.5.3	Resultados obtenidos con Antisol Blanco.....	95

4.5.4 Resultados obtenidos con Curado Húmedo (CE).....	97
4.6 Superposición de resultados de resistencias obtenidas con los diferentes curados.....	100
4.7 Comportamiento de la resistencia del concreto con la influencia de factores ambientales.....	101
4.7.1 Curador Curamax.....	101
4.7.2 Comportamiento con Kurez Vox White.....	103
4.7.3 Comportamiento con Antisol Blanco.....	105
4.7.4 Comportamiento con el Curado Estándar.....	107
4.8 Consolidado de datos obtenidos de los ensayos realizados.....	109
CAPITULO 5.....	114
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
5.1. Conclusiones.....	114
5.2. Recomendaciones.....	116
CAPÍTULO 6.....	117
6. Bibliografía.....	117
ANEXOS.....	118
ANEXO1. Tablas de Datos Meteorológicos.....	119
ANEXO 2. Cálculo del tiempo de fraguado del cemento.....	142



Índice de figuras

Figura 1. Materiales que intervienen en la mezcla de concreto. Fuente: Laboratorio Holcim.	5
Figura 2. Cemento Portland. Cemento Canal utilizado en Nicaragua y producido por CEMEX.	6
Figura 3. Cemento Holcim.....	8
Figura 4. Concreto en Estado Plástico.....	9
Figura 5. Agregado fino o Arenas.	9
Figura 6. Curva Granulométrica para determinar la composición de los agregados dependiendo del tamaño de las partículas que lo componen.	11
Figura 7. Grava o Agregado Grueso.....	14
Figura 8. Mallas o tamices para determinar la granulometría de los agregados. Fuente: Laboratorio CIGEO.....	15
Figura 9. Concreto en Estado Fresco. Fuente: Diseño de Mezclas de Concreto.....	17
Figura 10. Pasta de Cemento. Fuente: Laboratorio Holcim.....	18
Figura 11. Cono de Abrams para la determinación del Revenimiento. Fuente: CIGEO UNAN-Managua.....	19
Figura 12. Concreto en estado endurecido. Fuente: Laboratorio CIGEO.	20
Figura 13. Esquema de la Hidratación del Cemento. Fuente: Portland Cement Association.	21
Figura 14. Fenómeno de Exudación del Concreto. Elaboración Propia.....	24
Figura 15. Secado Prematuro del Concreto. Fuente: Elaboración Propia.....	25
Figura 16. Velocidad de evaporación del agua de la superficie del concreto fresco en función de las condiciones atmosféricas y temperatura del concreto. Fuente :(ACI 305-99).....	26
Figura 17. Esquema de sección transversal afectada por el secado prematuro y su influencia relativa sobre la resistencia a la compresión. Fuente: (Gonnerman y Shuman en 1928).	27



Figura 18. Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto. Fuente: Gonnerman y Shuman en 1928.	28
Figura 19. Efecto de las condiciones del curado en la resistencia del concreto. Fuente: ACI.	29
Figura 20. Agrietamiento por Contracción del Concreto. Fuente ACI.....	30
Figura 21. Aplicación de Membrana de Curado. Fuente: Elaboración Propia.....	33
Figura 22. Aplicación de Membrana de Curado utilizada en este trabajo. Fuente: Elaboración Propia.	35
Figura 23. Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto. Fuente: Elaboración Propia.	37
Figura 24. Esclerómetro Convencional. Fuente: IMCYC.	41
Figura 25. Aplicación de Carga Axial.	41
Figura 26. Modos de fallas que se presentan comúnmente en los cilindros de ensaye. Fuente: IMCYC, 2008.	42
Figura 27. Aparato de Vicat para tiempo de fraguado del Cemento.....	54
Figura 28. División Climatológica de Nicaragua.	64
Figura 29. Determinación del Revenimiento del Concreto usando el Cono de Abrams. Fuente: Elaboración Propia.	69
Figura 30. Moldes Plásticos usados en la fabricación de Muestras.....	70
Figura 31. Llenado de las Muestras de Concreto.	71
Figura 32. Momento de Desencofre de las Muestras.	72
Figura 34. Rociado o Curado con Líquido Formador de Membrana de Curado.	73
Figura 33. Curado de las muestras por el método de curado húmedo.	73
Figura 35. Curado de las Muestras aplicando membranas de Curado.	74
Figura 36. Curadores de Concreto utilizados en este estudio.	78



Figura 37. Máquina Compresora. Fuente: Laboratorios CIGEO.	79
Figura 38. Determinación del Diámetro de las muestras.	80
Figura 39. Cabeceo para la precisión y mejoras en el momento de la reacción.	80
Figura 40. Cabeceo de las muestras de Concreto.....	81

Índice de tablas

Tabla 1. Límites Granulométricos Especificados para la Arena.	11
Tabla 2. Comparación entre productos formadores de membranas.	36
Tabla 3. Factor de Corrección de Resistencia por esbeltez.	39
Tabla 4. Cronograma de Trabajo de Monografía. Fuente: Elaboración Propia. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 5. Parámetros de Diseño de Concreto usados para este estudio.	68
Tabla 6. Distribución de las muestras por método de curado aplicado.	74
Tabla 7. Datos técnicos de Curamax.	77
Tabla 8. Datos técnicos de Antisol Blanco.	78
Tabla 9. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión con el curado húmedo a los 7, 14, 21 y 28 días.	98
Tabla 10. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Curador Curamax.	101
Tabla 11. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Membrana Kurez Vox White.	103
Tabla 12. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Membrana Antisol Blanco.	105
Tabla 13. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Curado Estándar.	107
Tabla 14. Datos de muestras de concreto a los 7 días de edad.	110
Tabla 15. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 7 días de edad.	110
Tabla 16. Datos de muestras de concreto a los 14 días de edad.	110



Tabla 17. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 14 días de edad.	111
Tabla 18. Datos de muestras de concreto a los 21 días de edad.....	111
Tabla 19. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 21 días de edad.	112
Tabla 20. Datos de muestras de concreto a los 28 días de edad.....	113
Tabla 21. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 28 días de edad.	113
Tabla 22. Humedad relativa media en el municipio de Managua en el año 2013.....	119
Tabla 23. Evaporación en el municipio de Managua en el año 2013	122
Tabla 24. Velocidad de viento medio en el municipio de Managua en el año 2013.....	125
Tabla 25. Temperatura media en el municipio de Managua en el año 2013.....	127
Tabla 26. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de enero del 2014.....	130
Tabla 27. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de febrero del 2014	133
Tabla 28. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de Marzo del 2014.....	136
Tabla 29. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de Abril del 2014.....	139



Índice de gráficos

Gráfico 1. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 7 días..... **¡Error!**

Marcador no definido.

Gráfico 2. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 14 días..... 85

Gráfico 3. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 21 días..... 86

Gráfico 4. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 28 días..... 87

Gráfico 5. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días. Kurez Vox 92

Gráfico 6. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Kurez Vox 92

Gráfico 7. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días. Curamax 94

Gráfico 8. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Curamax. 95

Gráfico 9. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días. Antisol Blanco. 96

Gráfico 10. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Antisol Blanco. 97

Gráfico 11. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días Curado Estándar..... 99

Gráfico 12. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Curado Estándar..... 99

Gráfico 13. Superposición de desarrollo de resistencias de cada método de curado implementado.

Curamax obtiene la máxima resistencia al cabo de los 28 días. 100

Gráfico 14. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado con 102

Gráfico 15. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Curamax. 102

Gráfico 16. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Curamax. 103

Gráfico 17. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Kurez Vox White. ... 104

Gráfico 18. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Kurez Vox White.

..... 104

Gráfico 19. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Kurez Vox White.105

Gráfico 20. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Antisol..... 106

Gráfico 21. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Antisol Blanco.106

Gráfico 22. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Antisol Blanco. ... 107

Gráfico 23. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado Estándar..... 108

Gráfico 24. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado Estándar. 108

Gráfico 25. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado Estándar. 109

CAPITULO 1.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El concreto es uno de los materiales más usado en la industria de la construcción a nivel mundial, tanto en obras verticales como horizontales. Su calidad depende en gran medida del seguimiento de las características de los materiales, proceso de mezclado, transporte, colocación y curado.

En lo que respecta al curado del concreto, puede decirse que son todas aquellas prácticas realizadas, después de su colocación, para asegurar la correcta evolución de sus propiedades, tales como la resistencia y la durabilidad. Básicamente, consiste en mantener el material bajo condiciones de temperatura y humedad adecuadas, para lograr una correcta hidratación del cemento y evitar efectos adversos en el concreto.

El proceso de curado desde hace muchos años se ha adaptado a nuevas aplicaciones y los métodos varían en dependencia del tipo de estructura que se construye. Existen diferentes procedimientos de curado, entre los más comunes están: el curado húmedo (con o sin aplicación de calor y presión) y el curado por barrera (barrera plásticas o compuestos formadores de membrana), que impide la pérdida de humedad de la mezcla.

En Nicaragua, en los últimos años se ha generalizado el uso de compuestos formadores de membrana para el curado del concreto. El curado con estos compuestos, consiste en aplicar dichos materiales en la superficie libre del concreto, inmediatamente después de su colocación, usando equipos de aspersión.

Sin embargo, se desconoce cuál es la influencia de este método de curado para las condiciones locales, por esta razón es necesario conocer su influencia en el desarrollo de la resistencia a la compresión de manera experimental. Para ello, esta investigación evaluará el efecto de este procedimiento de curado en la resistencia del concreto, comparándola con la resistencia a compresión de una muestra patrón, curada de manera estándar (curado húmedo).



1.2 ANTECEDENTES.

Desde hace más de 110 años, se ha considerado el estudio del curado de concreto. En el año 1904 fue fundada la Asociación Nacional de Usuarios de Cemento (NACU) en Estados Unidos, que 3 años después elaboró una guía, la cual recomendaba proteger al concreto del secado prematuro, manteniéndolo bajo ambiente húmedo por al menos 2 días después de su colocación inicial.

A principios de los años 40, el Instituto Americano del Concreto (ACI), publica la norma ACI 318(Reglamento de Construcción para el Concreto Armado), la cual incluía el tema del curado.

En los años posteriores a este, no se hicieron cambios significativos al reglamento, sino fue hasta los años 90 que el ACI publicó una norma que trataba específicamente de este tema, la ACI 308-92: “Práctica estándar para el curado del hormigón”, la cual fue reemplazada por las normas que se usan en la actualidad, la ACI 308R-01: “Guía para el curado del hormigón” y la ACI 308.1-98: “Especificaciones estándar para el curado del hormigón”.

En Nicaragua se ha considerado el curado para concretos estructurales, guiado bajo el reglamento del Nic2000 libro publicado en 1980, el cual establece en el capítulo de puente, los métodos más empleados en nuestro país, como son el método a base de agua y el método de curado con compuesto de membrana líquida.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La aplicación del curado de concreto es un proceso que demanda mayor interés en el ámbito de la construcción, debido a que la aplicación no adecuada del curado, trae factores negativos en las estructuras, provocando efectos perjudiciales en la resistencia, durabilidad, permeabilidad y creando agrietamiento superficial en estas.

En la ciudad de Managua, se frecuenta la aplicación de curado húmedo en las estructuras de concreto, sin embargo, en algunas construcciones (la mayoría losas) se está aplicando curadores a base de membranas.

Por lo que, teniendo en cuenta que en cada zona, se tiene diferente temperatura atmosférica y humedad relativa del aire, se considera necesario evaluar este sistema de curado para valorar la influencia que tiene en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto.

Por lo tanto, en esta investigación se pretende analizar, el desempeño de los métodos de curado, definiendo, cuál de ellos resulta más conveniente utilizar en la ciudad de Managua, que garantice la evolución de las características del concreto.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo general.

Analizar la influencia de los métodos de curado en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto estructural en las condiciones climatológicas de Managua.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar el número de muestras de concreto para realizar ensayos de compresión y aplicar los métodos de curado húmedo (ASTM C 192) y curado con membranas (AASHTO M 148 y ASTM C 309-03) a los cilindros para ensaye.
- Calcular la pérdida de agua de las muestras permitidas por las membranas usando los pesos iniciales y finales de las muestras y determinar la retención de humedad aproximada de las mismas.
- Realizar pruebas de compresión a los especímenes cada 7 días según ASTM C 39/30 M-03 y realizar una comparación de las resistencias obtenidas con cada método de curado.
- Analizar el comportamiento del desarrollo de la resistencia según las condiciones ambientales en el proceso de curado y pruebas de compresión.
- Determinar en base a los resultados la influencia de los métodos de curado empleados.

CAPITULO 2.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Mezcla de concreto.

Es la combinación de materiales de proporciones específicas para lograr un producto de resistencia y gran durabilidad que se emplea en la construcción de edificios, carreteras, puentes, etc.

La mezcla está compuesta por cemento portland, agregado grueso y fino, aire, agua y su calidad depende en gran manera del mezclado, colado, compactación y curado.

2.2 Propiedades del concreto.

Las propiedades más importantes del concreto son la trabajabilidad, cohesividad, resistencia a la compresión y durabilidad.

2.3 Materiales que Intervienen en una Mezcla de Concreto.

Es de importancia la calidad de los materiales que constituyen el concreto para poder obtener una resistencia estable, una durabilidad óptima y bajos costo en los proyectos de construcción; el buen trabajo de la matriz cementante con los agregados, dependerá entonces de diversos factores de los que podríamos mencionar las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, la forma tamaño máximo y textura superficial de estos.



Figura 1. Materiales que intervienen en la mezcla de concreto. Fuente: Laboratorio Holcim.

Sabemos que la durabilidad del concreto está ligada a la durabilidad individual de sus componentes, y de éstos los agregados son los señalados como los principales modificadores de esta; ya que la producción de cemento esta normada y tecnificada en el país, no así la producción y obtención de pétreos, sin embargo; son normas internacionales estándar, las que rigen su uso para ser empleadas siempre y cuando cumplan con la calidad deseada. A continuación se presentan los materiales que conforman el concreto y sus características más importantes.

2.3.1 Cemento

Es un polvo químico seco, que al mezclarse con el agua adquiere propiedades aglutinantes, tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.

Se pueden distinguir dos tipos de cementantes los aéreos; que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire y los cementantes hidráulicos que se utilizan para la fabricación del concreto, que fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aún estando inmersos en ella a esta reacción se le conoce como hidratación, la cual a medida se desarrolla vuelve al concreto más duro y resistente. La mayor parte de la hidratación y del desarrollo de la resistencia del concreto tiene lugar durante el primer mes de ciclo de vida del concreto y luego continúa pero más lentamente durante un largo período.

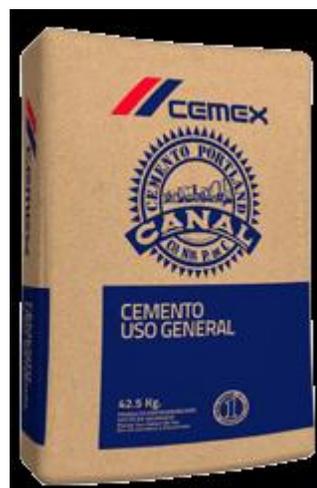


Figura 2. Cemento Portland. Cemento Canal utilizado en Nicaragua y producido por CEMEX.

En Nicaragua el cemento está clasificado en 4 grupos, especificados en la norma NTON 12 006-11 “Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense del cemento”. Cabe destacar, que el cemento ocupa un volumen absoluto normalmente entre 7% y 15% en la mezcla de concreto, además el peso específico relativo (G) del cemento varía entre 3.10 a 3.15.

➤ **Cementos Portland**

Los cementos Portland son en la actualidad, los más utilizados en la industria de la construcción, y su invención se le atribuye a Joseph Aspdin, el cual obtuvo en 1824 la patente del producto que denominó cemento Portland debido a que producía un concreto que en color semejaba a una caliza natural que se explotaba en la isla de Portland, península en el Canal de la Mancha.

Para la elaboración del clinker Portland se utilizan materias primas que aportan principalmente cal y sílice, óxido de hierro y alúmina, para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos. Estos materiales se trituran, dosifican y se mezclan hasta su completa homogeneización, ya sea en una forma seca o en húmedo; introduciendo la materia procesada en hornos rotatorios donde se calcinan a temperaturas del orden de 1400 °C. A este material fragmentado resultante de la calcinación se le denomina clinker Portland.

Una vez frío el clinker se muele conjuntamente con una reducida proporción de yeso, que tiene la función de regular el tiempo de fraguado y con ello se obtiene el polvo fino de color gris que se conoce como cemento Portland simple. Además durante la molienda, el clinker puede combinarse con una escoria o un material puzolánico, para producir un cemento mezclado Portland – escoria, Portland – puzolana o materiales de carácter sulfa-calci-aluminoso para obtener cementos expansivos.



Figura 3. Cemento Holcim.

➤ **Finura del Cemento (ASTM C-115, C-204, C-430).**

El grado de finura del cemento tiene efectos ambivalentes en el concreto. Al aumentar la finura el cemento se hidrata y adquiere resistencia con más rapidez y también se manifiesta un aumento en la cohesión, manejabilidad y capacidad de retención de agua en las mezclas de concreto. Como contrapartida, una finura más alta representa mayor velocidad en la generación del calor liberado y mayor velocidad de hidratación, por lo tanto el desarrollo de la resistencia se ve afectada principalmente durante los primeros siete días, al haber disminuido la cantidad de agua necesaria.

Todo esto trae como consecuencias adicionales cambios volumétricos de los concretos y posibles agrietamientos en las estructuras. Por esta razón, el cemento del tipo III, se muele más fino que los otros tipos, porque se sobreentiende que requiere mayor finura para cumplir con la función de obtener alta resistencia a edad temprana.

➤ **Consistencia del Cemento (ASTM C-230).**

La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien su capacidad de fluir. Los métodos de consistencia normal y el de la prueba de fluidez, pueden regular los contenidos de agua en las pastas y morteros.

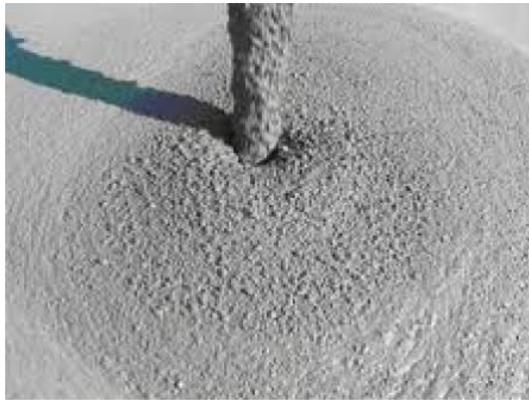


Figura 4. Concreto en Estado Plástico.

➤ **Tiempo de Fraguado del cemento (ASTM C-191, C-266).**

Se efectúan pruebas para determinar si una pasta de cemento permanece en estado plástico el tiempo suficiente para permitir un colado normal. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento, como también la finura del mismo, la relación agua/cemento en el concreto y los aditivos usados. Las pruebas para determinar el fraguado se realizan con el aparato de Vicat ASTM C-191 y la aguja de Gilmore ASTM C-266.

2.3.2 Agregado Fino o Arenas.

Este material puede ser natural o triturado, conocido como agregado o árido fino, no es más que un material pétreo que está formado principalmente por materiales que pasan la malla No 4 y lo que retiene la No 200.



Figura 5. Agregado fino o Arenas.

➤ **Granulometría de los Agregados (ASTM C-136).**

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado. La distribución de las partículas por tamaño tiene un notable efecto en la cantidad de agua necesaria para un concreto hecho con un determinado agregado y por lo tanto influye en todas las propiedades del concreto relacionadas con su contenido de agua.

El análisis granulométrico mide la distribución de los diferentes tamaños que componen una muestra de agregados por medio de tamizado (ASTM C-136) y nos ayuda a determinar la uniformidad, capacidad de bombeo, las relaciones de porosidad en la masa de concreto y así como su trabajabilidad para un mejor manejo y compactación del mismo.

➤ **Granulometría de Agregado Fino (ASTM C-136).**

La composición granulométrica de la arena, se realiza cribándolas a través de mallas normalizadas que se duplican sucesivamente a partir de la más reducida. Las arenas muy finas resultan de alto costo económico, las arenas muy gruesas y agregados muy gruesos pueden producir mezclas rígidas no trabajables; por lo que se puede decir que aquellos agregados que no tiene una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y tienen una curva granulométrica suave y producirán los resultados más satisfactorios.

Las especificaciones de agregado para concreto (ASTM C-33), requieren que en cada fracción exista una proporción de partículas comprendidas dentro de ciertos límites establecidos. Los límites de la norma ASTM C-33 con respecto al tamaño de las cribas se indican a continuación:

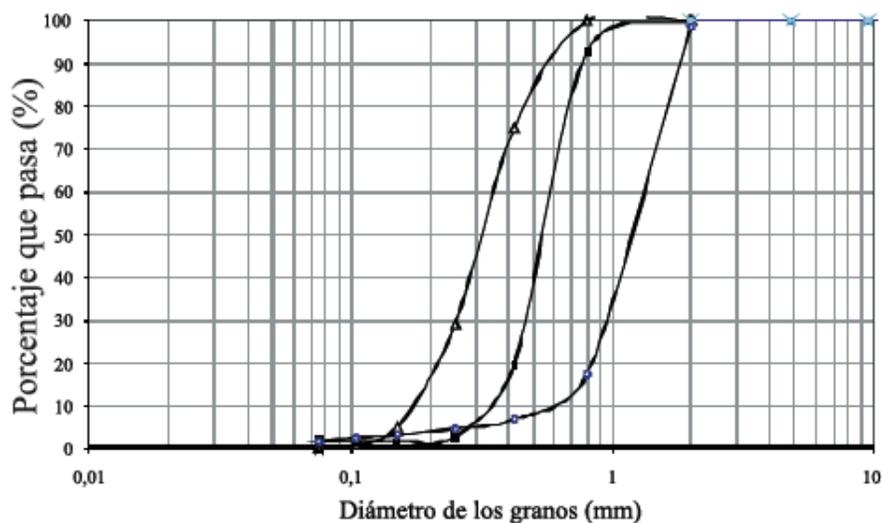


Figura 6. Curva Granulométrica para determinar la composición de los agregados dependiendo del tamaño de las partículas que lo componen.

Tabla 1. Límites Granulométricos Especificados para la Arena.

TAMAÑO DE MALLA	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
9.52 mm (3/8")	0	100
4.75 mm (Nº 4)	0 a 5	95 a 100
2.36 mm (Nº 8)	0 a 20	80 a 100
1.18 mm (Nº 16)	15 a 50	50 a 85
0.60 mm (Nº 30)	40 a 75	25 a 60
0.30 mm (Nº 50)	70 a 90	10 a 30
0.15 mm (Nº 100)	90 a 98	2 a 10

➤ **Propiedades de las arenas que influyen en el desarrollo de la hidratación del cemento.**

➤ **Porcentaje de absorción de las arenas.**

El porcentaje de absorción de las arenas y de todo material, es la capacidad de llenar los espacios vacíos de la fase de aire con agua, al estar estos sumergidos en dicho líquido. Así el porcentaje de absorción depende de la cantidad de poros que posea cada material.

Por lo tanto el porcentaje de absorción es una de las características que más influye en el comportamiento del concreto en estado fresco, en este caso en la consistencia.

El porcentaje de absorción se calcula con la ecuación que a continuación se describe:

$$\% \text{ de absorción} = \frac{(B-A)}{A} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde;

B = peso de la muestra en condición saturada superficialmente seca.

A = peso de la muestra seca.

➤ **Contenido de humedad de las arenas.**

El contenido de humedad es la cantidad de agua presente en las arenas en su estado natural, este depende de las condiciones climáticas en que se encuentre el agregado y varía de una zona a otra.

El contenido de humedad de las arenas se determina a través de la norma ASTM C 566-84 “Método para determinar el contenido de humedad de los áridos”.

Por lo tanto, conocer el contenido de humedad es de mucha importancia, puesto que de esta información depende la determinación de agua de mezclado necesaria. Así como también, sirve para incrementar la masa seca de los agregados dosificados compensando la humedad que absorbe y la que retiene las partículas en su superficie.

Para calcular el porcentaje de humedad de las arenas se utiliza la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_{\text{húmedo}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

$W_{\text{húmedo}}$ = Peso húmedo de la muestra.

W_{seco} = Peso seco de la muestra.

➤ **Modulo de finura de las arenas.**

Se define como una representación del índice del tamaño medio de las partículas que componen una muestra de árido fino, de acuerdo a la norma ASTM C125 “Terminología estándar relativo a Concreto y Agregados” el módulo de finura se determina sumando los porcentajes acumulados desde el tamiz 3/8” hasta el tamiz N o. 100 y se divide entre 100. A su vez, la norma ASTM C 33 especifica que el módulo de finura debe estar comprendido entre 2.3 – 3.1 para considerarse aceptable en una mezcla de concreto. (Kosmatka, y otros., 2004).

Cabe señalar, que si el módulo de finura es inferior a 2.3 la mezcla de concreto requiere mayor consumo de pasta de cemento y agua para alcanzar una determinada resistencia, esto provoca cambios volumétricos, agrietamientos por contracción y altos costos de la mezcla. (Kosmatka, y otros., 2004).

En caso contrario, las arenas cuyo módulo de finura mayor a 3.10 resultan demasiado gruesas y tienden a producir mezclas de concreto ásperas, segregables y proclive al sangrado. (Kosmatka, y otros., 2004).

Para determinar el módulo de finura se emplea la siguiente ecuación.

$$Mf = \frac{\sum \% Wretacum.(No 4, No 8, No 16, No 30, No 50 y No 100)}{100} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

Mf = Módulo de finura.

Wretacum = Peso retenido acumulado en las mallas No 4, No 8, No 16, No 30, No 50 y No 100.

2.3.3 Agregado Grueso (Grava).

La grava es un material pétreo cuyas partículas presentan tamaños que oscilan entre 4.76 mm (retiene tamiz No 4) a 38 mm (1 ½ plgs), estas partículas pueden presentar diversas formas y textura. (Chan Yam, 2003).



Figura 7. Grava o Agregado Grueso.

- **Propiedades de la grava que influyen en el desarrollo de la hidratación del cemento.**

- **Porcentaje de absorción de la grava**

Se define como un proceso en el cual cierta cantidad de agua se introduce en los poros del agregado grueso, esto provoca que la masa del agregado aumente.

Al igual que la arena, a la grava se le determina el porcentaje de absorción después de un período de inmersión de 24 horas en agua, conforme a lo establecido en la norma ASTM C 127 “Método para determinar la gravedad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso”.

- **Contenido de humedad de la grava.**

Se define como la cantidad de agua presente en el agregado y se expresa en porcentajes, depende de las condiciones climáticas a la que estén expuestas las partículas y puede variar de una zona a otra (Blanco & Matuz).

El método para determinar el porcentaje de humedad lo establece la norma ASTM C 566-84 “Método para determinar el contenido de humedad de los áridos.”

- **Características de la grava que influyen en la dosificación del concreto.**

- a) **Tamaño máximo de la partícula de grava.**

El tamaño máximo de la partícula está definido por la malla de mayor diámetro por la que pasa efectivamente el 100% de las partículas del conjunto de la muestra. (Kosmatka, y otros., 2004).



Figura 8. Mallas o tamices para determinar la granulometría de los agregados. Fuente: Laboratorio CIGEO.

Para los elementos estructurales de concreto el tamaño máximo de la grava está controlado por la facilidad con que éste debe penetrar en las formaletas, así como también por su forma, tamaño del elemento, recubrimiento y separación entre elementos del acero de refuerzo. (Kosmatka, y otros., 2004).

b) Tamaño máximo nominal de la grava

El tamaño máximo nominal se define como el menor tamaño de la malla por la cual pasa la mayor parte del agregado, con un porcentaje retenido acumulado usualmente comprendido entre el 5 al 15% (Kosmatka, y otros., 2004).

Es importante recalcar, que “El tamaño máximo nominal del agregado es uno de los factores que influye en la cantidad de agua y cemento para la mezcla”. (Kosmatka, y otros., 2004).

2.3.4 Agua para elaboración de concreto.

Es el componente que hidrata las partículas de cemento permitiendo el desarrollo de las propiedades adhesivas del mismo. Por tal razón, el agua utilizada en la mezcla de concreto debe ser potable y libre de sustancias perjudiciales como: aceite, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otra sustancia nociva para el concreto. (Kosmatka, y otros., 2004).

De lo contrario, si el agua de mezclado presenta exceso de impurezas, el concreto puede presentar afectaciones en el tiempo de fraguado, disminución de la resistencia a compresión, baja estabilidad volumétrica y en algunos casos puede producir eflorescencia o corrosión del acero de refuerzo del elemento.

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones; como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. Al estudiar el primer caso el agua como elemento al reaccionar con el cemento, genera las propiedades aglutinantes, forma del 10 al 25 % del volumen del concreto recién mezclado; dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera.

En diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la evaluación de los efectos que producen en el concreto. Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con la resistencia posterior a 28 días o más y los de largo plazo, pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali - agregado y la corrosión de acero de refuerzo.

El criterio americano dice que el fraguado inicial ASTM C - 191, no deberá variar considerablemente y que la resistencia a la compresión a la edad de 28 días ASTM C-109, deberá ser mayor que el 90% (85% también es un límite satisfactorio) de la obtenida con los especímenes hechos con agua aceptada. En cambio el criterio británico acepta una tolerancia de 30 minutos de fraguado inicial y una resistencia no menor del 80%.

2.4 Estados del concreto.

El concreto se presenta en dos estados: concreto en estado fresco y en estado endurecido.

2.4.1 Concreto en estado fresco.

Después del mezclado de los materiales que forman el concreto, este parece una masa. Es blando y puede ser trabajado o moldeado a diferentes formas. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesión.



Figura 9. Concreto en Estado Fresco. Fuente: Diseño de Mezclas de Concreto.

2.4.2 Pasta de cemento.

La pasta de cemento es el resultado de la mezcla de cemento con el agua, y la posible incorporación de aditivos. La importancia de la pasta se enfoca en su influencia sobre las propiedades reológicas del concreto en estado fresco y endurecido así como el tiempo que este tarda en endurecer o fraguar.

La proporción en la que se mezclan estos elementos (relación agua/cemento) influye en el grado de viscosidad de la pasta en estado recién mezclado.



Figura 10. Pasta de Cemento. Fuente: Laboratorio Holcim.

2.4.3 Pasta recién mezclada.

Los requisitos que debe cumplir la pasta recién mezclada para que pueda desarrollar sus propiedades de forma correcta son los siguientes:

- Homogeneidad y uniformidad.
- Consistencia (cohesividad y viscosidad).
- Estabilidad (oposición al sangrado y la segregación).
- Compactabilidad.
- Facilidad de acabado (condiciones de textura superficial)

2.4.4 Relación agua/cemento.

La relación agua/cemento es el cociente entre el peso de agua y peso del cemento a utilizarse en la fabricación de concreto. Esta relación es la base del diseño de mezclas de concreto, y de ella dependen las propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido, principalmente en la resistencia a la compresión, durabilidad y resistencia al agrietamiento.

La relación agua-cemento crece cuando aumenta la cantidad de agua y disminuye cuando aumenta la cantidad de cemento.

2.4.5 Revenimiento del concreto.

El revenimiento es una prueba que se le hace al concreto recién mezclado, el objetivo de esta prueba es medir el grado de consistencia o trabajabilidad del mismo, según lo establecido en la norma ASTM C 143 “método de ensaye estándar para determinar el revenimiento del concreto fresco”. Para esta prueba se usa un molde metálico en forma de cono truncado con ambas bases abiertas llamado cono de Abrams, ver figura.

Las dimensiones de éste cono son:

- a) Base superior = 10cm.
- b) Base inferior = 20cm.
- c) Altura = 30cm.

“En la mayoría de especificaciones, puede encontrarse un revenimiento máximo en dependencia del tipo de elemento que se debe colar, a fin de facilitar el trabajo de colocación”. (INCYC, 2013).



Figura 11. Cono de Abrams para la determinación del Revenimiento. Fuente: CIGEO UNAN-Managua.

2.4.6 Pasta en proceso de fraguado.

En este estado la pasta comienza a pasar de ser un fluido viscoso, a convertirse en una roca sólida. Es en este proceso en el que la pasta inicia a desarrollar las propiedades del concreto, por lo que es necesario evitar la interrupción de este desarrollo.

2.4.7 Pasta en estado endurecido.

Es el producto final de la reacción del agua con el cemento. En este punto la pasta ha llegado a un estado sólido, con propiedades de resistencia mecánica y resistencia a diversos factores que afectan la durabilidad del concreto.



Figura 12. Concreto en estado endurecido. Fuente: Laboratorio CIGEO.

2.5 Hidratación del cemento.

El endurecimiento y fraguado del concreto son el resultado de procesos químicos y físicos entre el cemento portland, y el agua, que se denomina hidratación. El agua se pone en contacto con cada uno de los componentes del cemento portland, que está constituido por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrita tetracálcico.

2.5.1 Cantidad mínima de agua de hidratación.

El cemento necesita una cantidad de agua mínima para lograr hidratarse completamente. Si este contenido no es suficiente la hidratación no se desarrollará completamente. Se ha demostrado que la relación crítica de agua y cemento es del 0,42 al 0,503. Bajo estos valores se corre el riesgo de no tener suficiente agua y no lograr la hidratación completa. Sobre estos valores se tiene exceso de agua, lo cual perjudica las propiedades finales del concreto.

2.5.2 Proceso de Hidratación del cemento.

La hidratación del cemento produce un material sólido aglutinante que le da al concreto sus más básicas propiedades de ingeniería, la durabilidad y resistencia. Cuando el agua se combina con el cemento inicia el proceso de hidratación de los productos del cemento, y el grado máximo de hidratación es inmediatamente después de la combinación de estos materiales, y disminuye con la edad.

La clave de la hidratación es la constante presencia de agua en los capilares de la masa, lo que permite que las reacciones químicas entre el cemento y el agua continúen desarrollando las propiedades del concreto. Cuando el agua en los capilares deja de existir, la hidratación se detiene y las propiedades no se desarrollan.

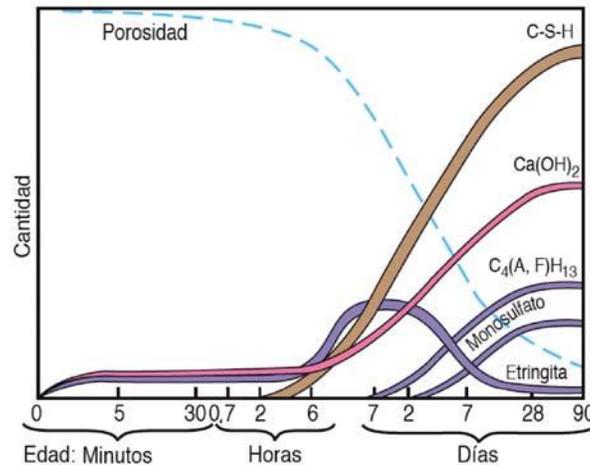


Figura 13. Esquema de la Hidratación del Cemento. Fuente: Portland Cement Association.

La hidratación incrementa la cantidad de la fase sólida de la pasta, debido a la absorción de agua por las reacciones químicas. Parte del agua es absorbida en la superficie de los sólidos de la pasta de cemento. Si el suministro de agua es insuficiente para conservar estas superficies saturadas, la humedad relativa en la pasta disminuirá.

2.5.3 Calor de Hidratación del cemento.

Cuando el cemento portland se mezcla con el agua, se produce una liberación de calor. Este calor se le conoce como calor de hidratación, es el resultado de las reacciones químicas exotérmicas entre el cemento y el agua. El calor generado por la hidratación del cemento, eleva la temperatura del concreto.

La masa de concreto puede alcanzar altas temperaturas en su interior, si el ambiente está caliente, o si se usan altos contenidos de cemento.

Los aumentos de temperatura a más de 55°C han sido observados en mezclas con alto contenido de cemento. Estos aumentos de temperatura causan expansión mientras el concreto se endurece. Si el aumento de temperatura es

significativamente alto y el concreto experimenta poca uniformidad o un enfriamiento rápido, los esfuerzos debido a la contracción térmica puede dar como resultado agrietamiento antes o después de que el concreto eventualmente se enfríe por la temperatura circundante. De forma práctica, el máximo diferencial de temperatura entre la parte interna del concreto y el exterior no deberían exceder.

2.6 Propiedades que intervienen en la mezcla de Concreto.

2.6.1 Densidad del concreto.

La densidad del concreto también se conoce como peso volumétrico del concreto y es el peso por unidad de volumen que ocupa. Cabe destacar que la densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y densidad de los agregados y en mayor grado las arenas. Generalmente el peso volumétrico del agregado triturado supera los 1500kg/m³, lo cual es común en este material (Kosmatka, y otros 2004).

Para determinar el peso volumétrico del concreto se utiliza la siguiente ecuación.

$$\gamma_c = \frac{W_s}{V_s} \quad (Ec. 4)$$

γ_c = peso volumétrico del concreto.

W_s = Peso seco del sólido.

V_s = Volumen del sólido.

2.6.2 Temperatura del concreto.

Generalmente, durante la elaboración, transporte y colado del concreto este se expone a variaciones de temperatura que afecta principalmente la velocidad de secado del mismo, “La temperatura del concreto recién mezclado tiende a

incrementarse a medida que el concreto fragua, por lo tanto la temperatura del concreto fresco influye tanto en el concreto fresco como endurecido”.(INCYC, 2013).

La temperatura ambiental en Managua es bastante alta, por tal razón, los elementos estructurales corren el riesgo de sufrir agrietamientos por contracción y altas temperaturas, por lo tanto, es preciso tener un control en campo y en laboratorio de la temperatura a la que se realiza y coloca la mezcla de concreto.

2.6.3 Consistencia, fluidez o trabajabilidad del concreto.

La consistencia del concreto se define como la “Propiedad del concreto recién mezclado o del mortero fresco que determina la facilidad con la cual se pueden mezclar, colocar, compactar y terminar en una condición homogénea. (ACI 116R ACI, 2012). Cabe destacar, que La trabajabilidad de una mezcla de concreto está influenciada principalmente por el contenido de agua, contenido de aire, el tamaño máximo del agregado, granulometría, forma y textura de las partículas. (INCYC, 2013).

2.6.4 Fenómeno de Exudación del Concreto.

Cuando se termina la mezcla de los componentes del concreto, éste se encuentra en un estado relativamente homogéneo, pero a medida que avanza el tiempo, la gravedad y las fuerzas capilares comienzan a desplazar las partículas. Las más pesadas se van al fondo (áridos), y las más livianas suben a la superficie (pasta de cemento). A este proceso de separación del exceso de pasta con el agregado se le conoce como exudación.



Figura 14. Fenómeno de Exudación del Concreto. Elaboración Propia.

Si la cantidad de pasta en la superficie es excesiva, se corre el riesgo de la pérdida por evaporación de la cantidad de agua para la hidratación del cemento, debido al contacto de la pasta con las condiciones atmosféricas existentes, en este caso la humedad relativa.

La exudación propiamente, no es un fenómeno dañino para el concreto. El problema se genera cuando la tasa de evaporación superficial de agua es mayor que la tasa a la cual el agua aflora a la superficie. En este caso, la superficie se seca excesivamente y además, el agua que debe hidratar el cemento podría perderse, por lo que, debe de reemplazarse por agua proveniente del exterior.

2.6.5 Secado prematuro del Concreto.

Cuando las condiciones no son adecuadas para la correcta evolución de la hidratación, esta primero se ralentiza y luego se detiene. A medida que avanza la hidratación, la cantidad de poros capilares disminuye, lo que deja como resultado un concreto hermético que dificulta la penetración del agua externa hacia el interior, sin que esta pueda evitar el secado del interior de la masa.



Figura 15. Secado Prematuro del Concreto. Fuente: Elaboración Propia.

2.6.6 Influencia de la humedad en las propiedades del concreto.

Cuando el concreto fresco entra en contacto con la atmósfera seca tiene lugar una retracción debida al gradiente de humedades interior-exterior, el cual genera una pérdida de volumen en la estructura causada por una evaporación del agua de amasado más rápida que la exudación en la superficie del concreto fresco, lo cual marca la importancia del curado. Al aumentar la humedad relativa del ambiente la retracción decrece.

Estos cambios volumétricos en la masa de concreto, pueden provocar tensiones de tracción, las que originan fisuras provocando una disminución de la resistencia a compresión del concreto. Por ende, la realización de un buen curado tiende a disminuir la pérdida de agua libre y por lo tanto a mejorar la calidad del concreto.

2.7 Curado del concreto.

El curado son los procedimientos utilizados para promover la hidratación del cemento. El objetivo del curado es controlar la temperatura y mantener saturado el concreto o tan cercanamente saturado como sea posible, hasta que el espacio originalmente llenado con agua de la pasta de cemento fresco se haya llenado en el grado deseado por los productos de hidratación del cemento.

Esto amerita conocer, que la hidratación del cemento se reduce en forma importante cuando la humedad relativa dentro de los poros capilares de la pasta de cemento cae por debajo del 80%. Para darse las condiciones de humedad que

permitan el curado natural, la humedad del aire debe ser al menos cercana a un 80% para evitar el flujo de humedad del concreto hacia el aire.

Lo anterior únicamente sería válido si la pérdida de humedad no se viera influenciada por factores como: velocidad del viento, diferencias significativas entre la temperatura del concreto y del aire y la exposición de la radiación solar.

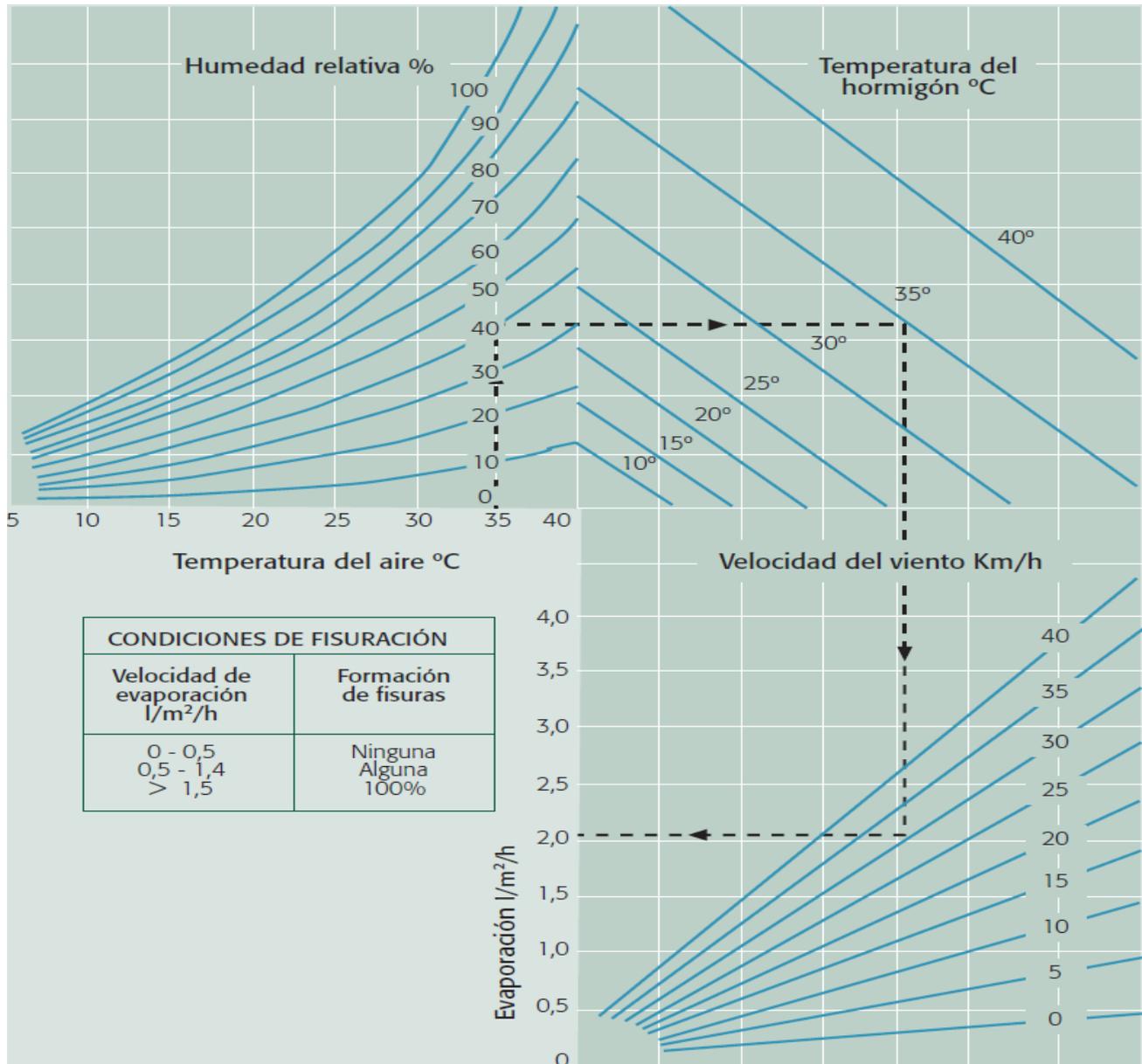


Figura 16. Velocidad de evaporación del agua de la superficie del concreto fresco en función de las condiciones atmosféricas y temperatura del concreto. Fuente : (ACI 305-99).

Actualmente se reconoce que la parte superficial del concreto es la que se ve más afectada por la falta de curado, de tal manera que ésta sería la zona más sensible, que se verá más afectada en el desarrollo de sus propiedades físicas y químicas por la ausencia de humedad.

Como se demuestra en el modelo de Guillerón, una sección transversal de una muestra cilíndrica, donde una gran proporción del área se mantiene próxima a la saturación, incluso después de 14 días de exposición al aire y sólo un espesor relativamente reducido está afectado por el secado.

Sin embargo, no se debe menos preciar el curado, ya que es una forma de obtener mayor resistencia a la compresión en el concreto.

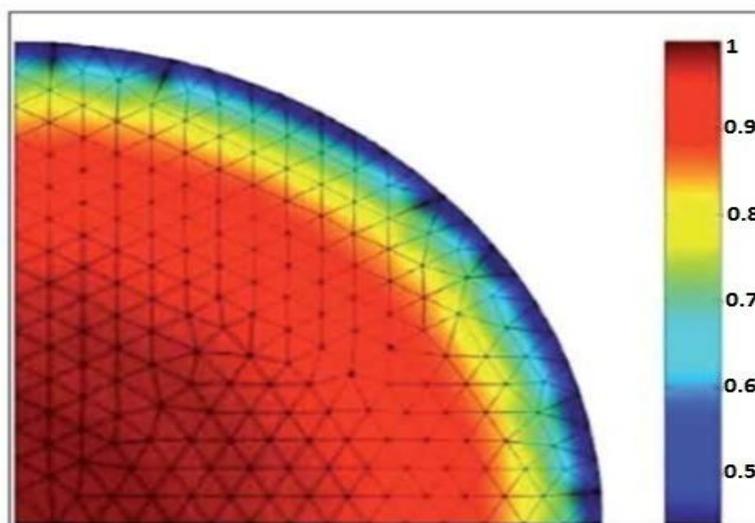


Figura 17. Esquema de sección transversal afectada por el secado prematuro y su influencia relativa sobre la resistencia a la compresión. Fuente: (Gonnerman y Shuman en 1928).

Se ha evidenciado grandemente por las pruebas realizadas por Gonnerman y Shuman, donde realizo pruebas con concretos que tuvieron como factor variable el tiempo que pasaron en condiciones de saturación (curado húmedo) antes de ser expuestos al aire (e iniciar su proceso de secado); es notable la diferencia entre las resistencias que se obtuvieron al variar el tiempo del curado húmedo.

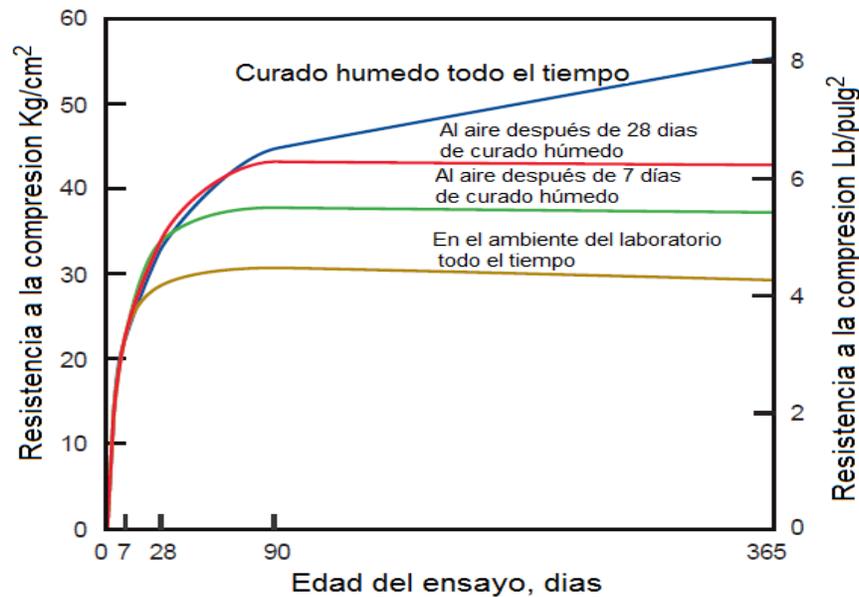


Figura 18. Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto. Fuente: Gonnerman y Shuman en 1928.

2.7.1 Importancia del curado del concreto.

Los avances científico-tecnológicos asociados con las construcciones de concreto muestran un progreso significativo en los últimos años, desarrollando investigaciones sobre la evolución, caracterización y el control del concreto fresco, tanto en condiciones de laboratorio como in situ; mostrando que uno de los factores clave en la ejecución de estructuras de concreto es el curado.

Respecto a la importancia del curado, el Comité 308 del American Concrete Institute y la Portland Cement Association expresan que "el curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del concreto endurecido, tanto en el interior del concreto como en su superficie, tales como la resistencia, permeabilidad, resistencia a la abrasión, estabilidad de volumen. El desarrollo de la resistencia superficial puede reducirse significativamente, cuando el curado es defectuoso".

Diversos experimentos, establecieron que las propiedades mecánicas del concreto dependen en una mayor medida de los cambios en la microestructura de

la pasta de cemento, que forma la composición química de los productos hidratado.

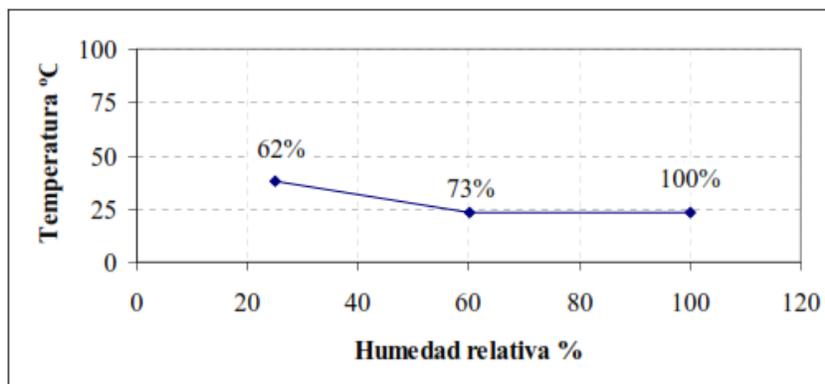


Figura 19. Efecto de las condiciones del curado en la resistencia del concreto. Fuente: ACI.

2.7.2 Influencia de la temperatura de curado en el desarrollo de las propiedades del concreto.

Se ha considerado por algunos investigadores, una ligera tendencia a la disminución de la resistencia a compresión a largo plazo cuando aumenta la temperatura de curado, además de la posibilidad de que se produzca microfisuración. Por otro lado, bajas temperaturas de curado provocan una reducción en la velocidad de la reacción de hidratación prolongando el tiempo de curado.

Es por esto que se debe garantizar las condiciones apropiadas para que el concreto desarrolle sus propiedades, mediante el empleo del método de curado más adecuado a las necesidades del concreto.

2.7.3 Consecuencias del mal curado.

Cuando el concreto es expuesto a su ambiente de servicio tiende a alcanzar un equilibrio con ese ambiente. Si el medio ambiente es una atmósfera seca, la superficie expuesta del concreto pierde agua por evaporación. La velocidad de evaporación dependerá de la humedad relativa, la temperatura, la relación agua-cemento y el área de la superficie expuesta del concreto.

Los efectos más conocidos que se producen por un mal curado:

- a) Cuando las condiciones de curado no son las adecuadas para la evolución de la hidratación, ésta se ralentiza pudiendo llegar a interrumpirse.
- b) Una de las causas que puede provocar la detención de la reacción de hidratación es la falta de agua libre, lo que conduce a una mayor porosidad y por ende a una menor resistencia a compresión.
- c) Con un mal curado, las consecuencias de la retracción son la aparición de fisuras y grietas superficiales y la creación de tensiones en el interior de la masa, con la consiguiente disminución de sus propiedades mecánicas.

➤ **Contracción plástica.**

La contracción plástica es causada por una rápida pérdida de agua en la superficie del concreto antes que este haya fraguado. La condición más crítica ocurre cuando la velocidad de evaporación de la humedad en la superficie supera la tasa en la cual el agua de sangrado que sube puede reemplazarla. La contracción plástica produce grietas o una fisuración a lo largo de la superficie de concreto que ha perdido una gran cantidad de humedad.



Figura 20. Agrietamiento por Contracción del Concreto. Fuente ACI.

➤ **Contracción por secado.**

Este tipo de contracción involucra el movimiento y pérdida de agua dentro de los poros extremadamente pequeños de la pasta hidratada de cemento. A medida que el concreto en servicio se seca, se pierde humedad desde estos poros y se forman meniscos. La tensión superficial del agua asociada a estos meniscos atrae

los poros uno hacia el otro y da como resultado una pérdida de volumen en el concreto.

➤ **Permeabilidad superficial y absorción**

La porosidad de un concreto se debe a los capilares que se forman durante el proceso de hidratación. En el inicio, la porosidad alcanza su valor más alto y va disminuyendo a medida que el hormigón se endurece. Los dos factores que más influyen en la porosidad son la relación a/c y la cantidad de cemento hidratado. Mientras mejor sea el curado del concreto, la hidratación del cemento será mayor.

2.7.4 Métodos de curado del concreto.

Inicialmente, el curado del concreto surgió por la necesidad de mojar la superficie con agua, en zonas donde el agua es escasa. La característica más importante de un método de curado es su capacidad para proteger el contenido de humedad dentro de la mezcla, en general, el mejor método de curado será aquel que retenga mejor la humedad.

Existen tres tipos de curado:

- Los que mantienen la presencia de humedad, como es el curado con agua.
- Los que aceleran el desarrollo de resistencia, proporcionando calor y humedad, como es la aplicación de vapor.
- Los que previenen la pérdida de humedad, como las membranas de curado y los retardadores de evaporación.

Entre los métodos de curado húmedos se destacan los siguientes:

➤ **Curado por encharcamiento o inmersión.**

En superficies planas, tales como pavimentos y losas, se puede curar por encharcamiento. Los diques (bordos) de arena o suelo alrededor del perímetro de la superficie de concreto pueden retener el agua del encharcamiento, método ideal para prevenir la pérdida de humedad y es eficiente para mantener la temperatura del concreto

➤ **Curado por Rociado o Aspersión.**

El rociado y la aspersión con agua son excelentes métodos cuando la temperatura ambiente está arriba de la temperatura de congelación y la humedad es baja. Frecuentemente, se aplica una niebla o llovizna fina a través de un sistema de boquillas o rociadores para aumentar la humedad relativa del aire, disminuyendo la evaporación de la superficie

➤ **Curado con Coberturas Húmedas.**

Normalmente para el curado, se usan las cubiertas de telas saturadas con agua, como los yutes, esferas de algodón, mantas u otras telas que retengan humedad. El yute tratado que refleja la luz y es resistente a la putrefacción y al fuego ya está disponible. Los requisitos para los yutes se describen en Especificaciones para Telas de Arpillera Producidas de Yute o Kenaf (Specification for Burlap Cloths made from Jute or Kenaf- AASHTO M 182) y aquellos para las mantas de yute blanco de polietileno se describen en la ASTM C171 (AAHTO M 171).

➤ **Curado con Papel Impermeable.**

El papel impermeable para el curado del concreto consiste en dos hojas de papel kraft (o de pulpa sulfítica), conectadas entre sí por un adhesivo bituminoso con refuerzo de fibras. Este papel según la ASTM C 171 es un método eficiente de curado de superficies horizontales y concreto estructural de formas relativamente sencillas. Una ventaja importante de este método es que no requiere el riego periódico. El curado con papel impermeable auxilia la hidratación del cemento, pues previene la pérdida de agua del concreto.

➤ **Curado con Hojas de Plástico**

Los materiales de láminas (hojas) de plástico, tales como la película de polietileno, se pueden usar en el curado del concreto. La película de polietileno, además de tener un peso ligero, retiene la humedad de manera eficiente y se la puede aplicar fácilmente tanto en elementos de formas sencillas como complejas. Su aplicación es semejante a la aplicación descrita para el papel impermeable.



Uno de los métodos que previenen la pérdida de humedad, es el uso de membranas para curado, el cual es objeto de estudio en este trabajo.

➤ **Compuestos de Curado Formadores de Membrana.**

En países desarrollados, es el método más práctico y más ampliamente utilizado para el curado no solo de concretos recién colados, sino también para prolongar el curado hasta después de la remoción de la cimbra (encofrado) o después del curado húmedo inicial. Los compuestos de curado deben ser capaces de conservar la humedad relativa de la superficie del concreto superior al 80% por siete días, para sostener la hidratación del cemento.



Figura 21. Aplicación de Membrana de Curado. Fuente: Elaboración Propia.

Los compuestos formadores de película son, en general, de dos tipos: transparentes o translucidos y pigmentados de blanco. Los compuestos transparentes o translucidos pueden contener un tinte inestable que facilita la verificación visual del área cubierta por la película. El tinte se destiñe enseguida a la aplicación.

En días calientes y soleados, se recomienda el empleo de compuestos blancos, pues reducen el aumento del calor provocado por el sol, reduciendo la

temperatura del concreto. Se deben agitar los recipientes de los compuestos pigmentados, para que no se asienten en el fondo.

Los compuestos de curado se deben aplicar inmediatamente después del acabado final de concreto, a través de equipos rociadores operados manualmente o propulsión mecánica. La superficie del concreto debe estar húmeda, cuando se aplica la capa.

En días secos y ventosos o durante periodos de condiciones climáticas adversas, que podrían resultar en fisuración por contracción (retracción) plástica, la aplicación del compuesto de curado, inmediatamente después del acabado final y antes de la evaporación de toda el agua libre de la superficie, va a ayudar a prevenir la formación de agrietamiento.

2.7.5 Normativa para el curado con membranas.

El ASTM C-309 y AASHTO M 148 son las normas instituidas por La Sociedad Americana para Experimentos y Materiales, para compuestos que forman una membrana en la superficie cuándo el concreto se encuentra fresco.

Esta norma establece los parámetros para la disipación de humedad para asegurar la hidratación correcta. La norma establece que no mas de 0.55 kg de agua por metro cuadrado deben evaporarse en las siguientes 72 horas.

Estos tipos de agentes de curado dejan una película en la superficie del concreto que mecánicamente bloquea el escape de humedad.

Según la norma ASTM C309, existen tres tipos básicos de membranas de curado:

- Tipo 1: Membranas claras o traslúcidas sin tinte.
- Tipo 1-D: Membranas claras o traslúcidas con tinte temporal.
- Tipo 2: Membranas con pigmentación blanca.

Además, existen dos tipos de base, o vehículos:

- Clase A: Membranas a base de agua.
- Clase B: Membranas a base de resinas.

Para decidir qué tipo de membrana es la adecuada para curar el concreto, es necesario saber la fecha de colocación y la ubicación. Esto se debe a que, dependiendo de la zona, se tienen condiciones ambientales con distintas exigencias, por ejemplo, temperaturas más altas, baja humedad relativa, alta radiación solar, etc.



Figura 22. Aplicación de Membrana de Curado utilizada en este trabajo. Fuente: Elaboración Propia.

Algunos autores recomiendan que la aplicación de un compuesto de curado debe realizarse inmediatamente después del colocado del hormigón, y que si esto no es posible, la superficie debe protegerse de otra manera antes de aplicar el compuesto, a través de un curado inicial, mediante nebulización continua o aplicando retardadores de evaporación.

Las ventajas que presentan las membranas de curado son las siguientes:

- No necesitan mantenerse húmedas para que no absorban la humedad del hormigón, como en el caso del curado utilizando arena o paja.
- Son de fácil aplicación.
- Se pueden aplicar en menos tiempo que los métodos que utilizan agua.
- La aplicación de las membranas de curado puede realizarse a mano o utilizando vaporizadores con presión entre 0,2 a 0,7 [MPa], en dos manos

perpendiculares entre sí. La norma ASTM C156 establece que el momento de aplicación debe ser cuando haya acabado el proceso de sangrado de agua.

La evaluación de este proceso no es tan precisa y pueden originarse dos problemas. El primero es suponer que el proceso ya terminó y aplicar el compuesto, el cual puede no funcionar correctamente ya que la membrana no actúa directamente sobre el agua misma.

El segundo problema es dejar pasar mucho tiempo, dejando que la superficie se seque sin protección y al aplicar un compuesto húmedo, fuerza al hormigón a absorber parte de la membrana, evitando su completa formación.

Estos problemas pueden evitarse si se utilizan membranas que tengan menos restricciones de funcionamiento.

En la siguiente tabla se presentan las diferencias entre las clases.

Tabla 2. Comparación entre productos formadores de membranas.

	Clase A	Clase B
Son solubles en agua.	✓	
Contienen solventes volátiles		✓
Se evaporan fácilmente.	✓	
Bajo costo.	✓	
Son inflamables.		✓
Adecuadas para zonas de alta evaporación.		✓
Presentan mayores problemas frente a recubrimientos		✓
Tiempo de formación de membrana alto	✓	

2.8 Consideraciones previas para la elaboración de concreto.

➤ Resistencia a compresión del concreto ($f'c$)

Es una característica mecánica que mide la capacidad que tiene el concreto de resistir compresión axial, esta característica se mide a través de ensayos de laboratorio.

Estos ensayos consisten en elaborar cilindros de pruebas con dimensiones específicas, ya sean de 10 cm de diámetro por 20 cm de largo o de 15cm de diámetro y 30 cm de largo, según el ACI 318-05.



Figura 23. Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto. Fuente: Elaboración Propia.

Seguidamente, se someten a un proceso de curado ya sea químico o curado húmedo, este último requiere un periodo de 28 días según la norma ASTM C 192 “método de preparación y curado de especímenes”, luego se ensayan según la norma ASTM C 39 “Método de ensaye estándar para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto”.

➤ **Fases de resistencia de los cilindros sometido a compresión axial.**

Todo material ensayado (acero, madera y concreto), ya sea por compresión o tensión axial tienen tres estados en función de la carga aplicada, los cuales son: Modulo de elasticidad, límite plástico y límite de fluencia.

a) Módulo de elasticidad del concreto.

Al igual que muchos otros materiales, el concreto es hasta cierto punto, un material elástico (Neville, 1999). En el diagrama esfuerzo deformación el módulo de elasticidad se comporta linealmente, durante la aplicación de la carga, hasta cierto punto. En este estado se dice que el elemento mantiene su dimensión original, aun bajo la condición de carga, dato de suma importancia en el diseño de estructuras de concreto.

Para el concreto, el módulo de elasticidad puede definirse como "la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria en el rango elástico de la curva esfuerzo deformación del concreto" (Kosmatka, y otros., 2004).

b) Limite plástico del concreto.

Es la deformación que se produce después del módulo de elasticidad, producto de la aplicación de cargas que supera el rango elástico. En este caso el elemento, una vez deformado no recupera su tamaño original, sino que tiende a irse deformando más.

c) Límite o Punto de fluencia del concreto.

Se considera como límite de fluencia o ruptura al punto donde el material de ensaye sede a causa de una carga aplicada.

➤ **Consideraciones previas al ensaye de los cilindros de concreto.**

1. No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de realizar la prueba.
2. El diámetro del cilindro se debe medir en ángulo recto por lo menos 3 veces y deben promediarse para calcular el área de la sección transversal. Y la dimensión del diámetro no debe variar en más de 2%.
3. El rango entre cilindros compañeros del mismo conjunto y probado a la misma edad debe ser aproximadamente entre 2 a 3% de la resistencia promedio (IMCYC, 2010).

4. Cuando la relación de esbeltez de los cilindros es menor que 1.8 se utilizan factores de corrección por esbeltez. Según la siguiente tabla.

Tabla 3. Factor de Corrección de Resistencia por esbeltez.

Relación altura/diámetro de los cilindros.	Factor de corrección de la resistencia.
2	1
1.75	0.99
1.5	0.97

La resistencia a compresión es una de las propiedades más importante del concreto, ya que a partir de esta se diseñan los elementos estructurales de una obra de ingeniería, tales como columnas, vigas, losas, etc. A su vez, la resistencia a compresión del concreto depende de algunos factores como la relación agua/cemento, los agregados, proceso de construcción, y el curado.

➤ **Resistencia de diseño requerido (f'_{cr}) del concreto.**

Es la resistencia de referencia de diseño de la mezcla de concreto, este parámetro se establece para minimizar la frecuencia de resultados de resistencia inferiores a la resistencia f'_c .

Para realizar el proporcionamiento de los materiales de una mezcla de concreto se requiere incrementar la resistencia de diseño f'_c , a un valor que represente la resistencia promedio mínima deseada de los ensayos f'_{cr} . (ACI 318, 2005). Además, el ACI 318-05 establece algunos métodos para determinar la resistencia de diseño (f'_{cr}), en caso de que no se tenga registros de ensayos, estos valores están condicionados según la resistencia a compresión (f'_c) de diseño.

➤ **Mezclado del Concreto (ASTM C-94, C-685).**

Todo el concreto se deberá mezclar hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales, y se deberá descargar completamente antes de que se vuelva a cargar la mezcladora.

El concreto premezclado se deberá mezclar y entregar de acuerdo con los requisitos de la norma (ASTM C-94) o la (ASTM C-685). El concreto mezclado en obra se mezclará de acuerdo con lo siguiente:

- ✓ El mezclado deberá hacerse en una mezcladora del tipo aprobado.
- ✓ La mezcladora deberá hacerse girar a un número de revoluciones y velocidad, que aseguren la uniformidad del producto terminado.
- ✓ El mezclado debe prolongarse por lo menos durante 1.5 minutos después de que todos los materiales estén dentro del tambor.

Al finalizar el proceso de mezclado la mezcla de concreto debe aportar dos condiciones necesarias:

1. Debe ser lo suficientemente cohesiva para conservar su homogeneidad en el curso de su traslado de la mezcladora a los moldes con el empleo de los medios apropiados.
2. Debe poseer de formabilidad adecuada a la energía con que se compacte, conforme a las características de los equipos de uso especificado.

2.8.1 Instrumentos para medir la resistencia a compresión del concreto.

➤ Máquina compresora.

Las pruebas a compresión se realizan con la máquina compresora acilindros elaborados de concreto con dimensiones específicas y se le aplica una carga axial, la cual determina la resistencia alcanzada al momento que el cilindro falla.

➤ Esclerómetro.

El esclerómetro también conocido como martillo suizo, es un instrumento de medición empleado generalmente para determinar la resistencia a compresión del concreto in situ. Aunque no es un método preciso que proporciona valores aproximados y se emplea principalmente como método de comprobación, siendo menos usado que el ensayo de compresión.



Figura 24. Esclerómetro Convencional. Fuente: IMCYC.

2.8.2 Aspectos generales al ensayar los cilindros.

➤ Carga axial.

Es una carga aplicada en dirección del eje longitudinal del elemento que somete a tracción o a compresión. Por ejemplo para conocer el esfuerzo, los cilindros de concreto son ensayados axialmente.

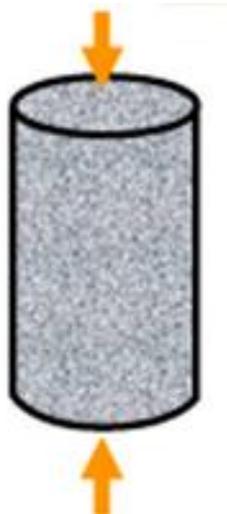


Figura 25. Aplicación de Carga Axial.

➤ Esfuerzo.

Es la fuerza por unidad de área que se aplica en un elemento estructural ya sea a compresión o a tensión, y se representa con la letra griega σ (sigma). El esfuerzo axial depende principalmente de la esbeltez del elemento. Por ejemplo

para conocer el esfuerzo que soporta un cilindro de concreto con dimensiones específicas se somete a una carga axial, y en función de esta se determina la carga.

El esfuerzo se determina con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad EC.5$$

Dónde:

σ = Esfuerzo, (MPa, KN, Psi o Kg/cm²).

P = Carga aplicada axialmente.

A = Área de la sección transversal del elemento (cm²).

➤ **Modo de falla de los cilindros de concreto.**

Definición: se denomina modo de falla al fenómeno o mecanismo en el cual se deforma el cilindro de ensaye. A continuación se detalla los modos de fallas más comunes que se pueden presentar.

Modo de falla No 1: Se observa cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado. Es la falla deseable en compresión. (IMCYC, 2008).

Modo de falla No 2: Este tipo de falla se presenta cuando una de las caras de la muestra moldeada esta inclinada. (IMCYC, 2008).

Modo de falla No 3: Se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo, también

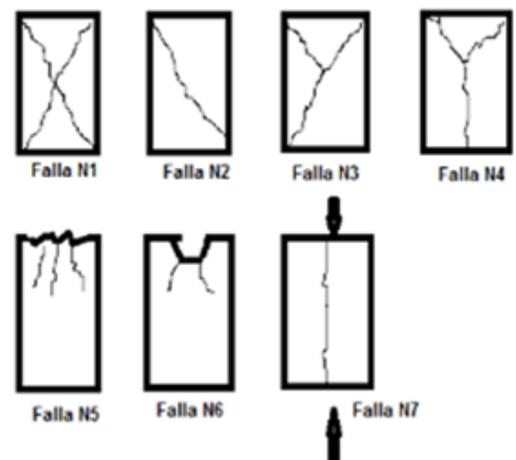


Figura 26. Modos de fallas que se presentan comúnmente en los cilindros de ensaye.

por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.(IMCYC, 2008).

Modo de falla No 4: Se observan en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga cóncava y/o por deficiencias del material de cabeceo. (IMCYC, 2008).

Modo de falla No 5: Se observa por deficiencias en el enrase de muestras moldeadas, esto produce concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga. Esto también ocurre por deficiencias del material de cabeceo o rugosidad en el plato de cabeceo o placas de carga.(IMCYC, 2008).

Modo de falla No 6: Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo o del plato cabeceador. (IMCYC, 2008).

Modo de falla No 7: Se observa cuando las caras de aplicación de la carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias del paralelismo establecido o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen para la aplicación de la carga. (IMCYC, 2008).

2.9 Influencia de la Temperatura Ambiente en las Propiedades del concreto.

Desde que se inició la utilización del concreto con fines estructurales, hace poco más de un siglo, se observaron los problemas que afectan al material cuando se seca muy rápido. Fue durante la primera mitad del siglo XX que se encontraron las causas físicas y químicas que explican por qué el concreto no alcanza su máximo potencial, en términos de sus propiedades mecánicas, cuando pierde aceleradamente humedad después de su fabricación.

Se trabajará entonces bajo condiciones normales cuando la temperatura ambiente varía entre 5° C y 30° C. Si esta excede los límites anteriores estamos en condiciones especiales de temperatura, debiéndose recurrir a prácticas especiales para evitar que se produzcan variaciones en el concreto, por los efectos de una baja o alta temperatura sobre el fraguado del cemento. La

tecnología del concreto basa sus pautas, en condiciones de temperatura de mezcla de alrededor de 20 °C.

De lo anterior se podría decir que serán condiciones extremas de temperatura, aquellas que están por debajo o por encima de esos valores críticos, en donde el concreto se comportara de manera no adecuada y se hace entonces tomar precauciones o medidas especiales, no solo en la dosificación de la mezcla, sino en la preparación, transporte, colocación, curado, toma de testigos de prueba y almacenaje de materiales, incluyendo el tipo de encofrado y el tiempo de desencofrado.

En las obras de construcción están influenciadas por conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado del medio atmosférico de un lugar o bien una situación atmosférica en que habría valores medios de temperatura, humedad, viento durante un largo periodo.

El concreto, es susceptible de sufrir daños en distinto grado, al fabricarse y prestar servicio bajo los efectos de las distintas condiciones ambientales. La desecación del concreto produce alteraciones en sus características, en estado fresco y endurecido.

Los elementos meteorológicos propios del clima tropical, y que pueden afectar al concreto, se pueden producir en cualquier época del año, siempre que se produzca una combinación de condiciones atmosféricas ambientales no favorables, tales como: humedad relativa del aire, velocidad del viento, temperatura ambiente.

Las particularidades climáticas de nuestro país, favorecen la existencia de un amplio periodo de tiempo en el que las condiciones de fabricación del concreto y ejecución de las obras, se realizan bajo esta combinación de variables.

2.10 Influencia de la temperatura sobre las propiedades del concreto

En este apartado se hará referencia a la problemática del colado de concreto en climas cálidos o en períodos estivales mediante el análisis de la problemática a nivel industrial y económico. Asimismo se hará la definición de clima cálido y los



factores necesarios para su cumplimiento. También se detallan algunos problemas potenciales que el concreto puede sufrir como consecuencia de haber sido fabricado o utilizado en condiciones ambientales de clima cálido.

2.11 Análisis de la problemática (consideraciones industriales y económicas)

La fabricación de concreto con cemento Portland, en condiciones climáticas tropicales (clima cálido), influye de manera directa en las características del concreto para cualquier etapa del mismo: amasado, transporte, puesta en obra, curado, así como en las propiedades físicas y mecánicas. Ello constituye una preocupación tanto para los fabricantes como para los usuarios de dichos concretos por las evidentes consecuencias negativas que tiene sobre los aspectos técnicos y económicos.

La clave para tener éxito en las tareas de fabricación de concreto en climas cálidos es llevar a cabo una debida planeación y preparación. Mediante una cuidadosa selección de materiales y procesos de construcción tomando en cuenta factores e información meteorológica.(Asocem 2011 articulo).

Cuando el concreto se mezcla, se transporta y se pone en obra bajo condiciones de elevada temperatura ambiental, alta radiación solar, baja humedad relativa y viento apreciable, resulta esencial tomar en consideración los efectos que estos factores climáticos ejercen sobre las propiedades del concreto. Naturalmente, para minimizar o incluso eliminar la incidencia negativa que estos factores pueden producir en el desarrollo del material, es razonable pensar en la necesidad de conocer y comprender la forma en que estos actúan. [Palomo et al., 2000]

Algunos de los problemas específicos en relación al colado del concreto en condiciones medioambientales de climas cálidos son: Por una parte, la temperatura elevada produce, por si misma, un fraguado más rápido, aumenta la velocidad de la reacción exotérmica de hidratación del cemento y, aunque aumenta la resistencia inicial del concreto, reduce la resistencia a 28 días del mismo y hay incremento de la red abierta de poros porque los productos

hidratados formados rápidamente no compactan de modo uniforme los espacios intersticiales. El aumento de la porosidad abierta reduce la durabilidad porque aumenta la penetración de los agentes agresores mediante los mecanismos de transporte que se desarrollan a través de la red de poros abierta del concreto. [Neville, 1999]

De igual forma, cuando el cemento Portland es mezclado con agua se libera calor, este calor es llamado calor de hidratación, que es el resultado de la reacción química exotérmica entre el cemento y el agua. El calor generado por la hidratación del cemento incrementa la temperatura del concreto. La mayor velocidad de liberación de calor ocurre dentro de las primeras 24 horas y una gran cantidad de calor se desarrolla durante los primeros 3 días. [Portland Cement Association, 1997] Los procesos químicos asociados al endurecimiento del concreto en los primeros días después de colado están acompañados por cambios térmicos significativos debido a que la hidratación del cemento es altamente exotérmica y es una reacción activada térmicamente. [Cervera et al., 2002]

El efecto conjunto de las condiciones térmicas ambientales y el calor de hidratación del cemento en el concreto en climas cálidos agrava las consecuencias perjudiciales sobre la resistencia mecánica final del concreto, principalmente la resistencia a compresión.

El fraguado más rápido conlleva, por carácter exotérmico de la reacción de hidratación del cemento, un incremento de la temperatura en la masa de concreto que origina un gradiente térmico con temperaturas crecientes desde el exterior hacia el interior del elemento colado [Cervera et al., 2002]. Dicho gradiente de temperaturas crece si, durante el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto, se producen variaciones acusadas en la temperatura exterior.

Por otra parte, la elevada evaporación del agua con que se ha amasado el concreto, que tiene lugar en estado fresco y en la superficie del mismo, cuando se da el conjunto de condiciones que favorecen la desecación, produce los fenómenos de retracción plástica y de asentamiento plástico que son consecuencia de la disminución del volumen originado por la pérdida del agua de

amasado. Ambos fenómenos pueden producir la fisuración del concreto, lo que disminuye la durabilidad del mismo, cuando dichas fisuras quedan directamente expuestas a la agresión del medio ambiente.

Una pérdida elevada del agua de amasado puede motivar que no se llegue a completar la hidratación del cemento ya que para ello, además de que exista agua combinable suficiente, es necesario que, en los poros de la masa, la humedad sea próxima a la de saturación.

Powers (1947) encontró que la hidratación del cemento se reduce en forma importante cuando la humedad dentro de los poros capilares de la pasta de cemento cae por debajo del 80%; de esto concluyó que para que se den las condiciones de humedad que permitan el curado natural, la humedad del aire debe ser al menos de un 80% para evitar que haya un flujo de humedad del concreto hacia el aire. Lo anterior únicamente sería válido si la evaporación no se diera por otras condiciones meteorológicas desfavorables como: alta velocidad del viento y diferencias significativas entre la temperatura del concreto y del aire.

Por último la desecación del concreto origina la pérdida de docilidad, lo que reduce el tiempo durante el cual se puede colocar en obra el concreto. Este último efecto de la desecación es el causante de la mayor parte de la pérdida de propiedades del concreto ya que, es muy habitual, tratar de corregirlo añadiendo agua a la masa de concreto o dosificando con una cantidad de agua excesiva con el objeto de restablecer la trabajabilidad original. [Mouret et al., 1997]. En ambos casos el deterioro de las características del concreto es directo e inmediato ya que un incremento de la relación agua/cemento reduce la resistencia del concreto y aumenta la red de poros abierta del mismo, con la consiguiente reducción de la durabilidad.

Otro factor de importancia y que incide directamente sobre los resultados estadísticos de resistencia a compresión del concreto fabricado industrialmente es debido a los métodos de control de calidad utilizados tradicionalmente. En este sentido, el control del concreto a través de probetas de ensayo se hace mucho más complicado en tiempo caluroso. Las condiciones atmosféricas reinantes

(elevadas temperaturas, bajas humedades relativas y vientos secos) son mucho más perjudiciales para las probetas por su pequeño tamaño. El hecho de dejar por tanto las probetas en moldadas directamente expuestas a la acción del viento o del sol introducirá importantes variaciones en sus características, y hará que los resultados obtenidos con ellas no sean en absoluto representativos. En tiempo caluroso habrá que aumentar la frecuencia de ensayo de propiedades tales como la consistencia, la temperatura del concreto el principio y final de fraguado, pues se van a ver muy influidas por las condiciones atmosféricas. [Vaquero, 2003]

Analizando este escenario, podemos constatar el hecho paradójico de que a pesar de lo antiguo del problema y también de su importancia, no son muchas las investigaciones conocidas que hayan tratado una posible solución. De hecho, la mayoría de los manuales de buena práctica se limitan a recomendar algunas actuaciones sobre los constituyentes del concreto reduciendo la temperatura de éstos o evitando que las elevadas temperaturas veraniegas incidan en cualquiera de las etapas de fabricación y puesta en obra del concreto. [Palomo et al., 2000].

2.12 Efectos que provoca la temperatura ambiental sobre las propiedades del concreto.

Desde que se inició la utilización del concreto con fines estructurales, hace poco más de un siglo, se observaron los problemas que afectan al material cuando se seca muy rápido.

Diversos investigadores han estudiado los defectos en propiedades del concreto; encontraron las causas físicas y químicas que explican por qué el concreto no alcanza su máximo potencial, en términos de sus propiedades mecánicas, cuando pierde aceleradamente humedad después de su fabricación.

Los problemas del concreto preparado a altas temperaturas ambientales (30 a 40 °C) son consecuencia fundamentalmente de dos fenómenos diferentes, uno tecnológico y otro físico-químico.

Existe una gran variedad de problemas en relación a la producción de concreto premezclado en climas cálidos, los cuales surgen como resultado de una alta temperatura en el propio concreto y también, del incremento en la tasa de evaporización del agua del mezclado. Una alta temperatura ambiental ocasiona un aumento en la temperatura del concreto fresco debido al incremento en la temperatura de sus propios constituyentes. Asimismo, lo anterior ocasiona también que el concreto tenga una mayor demanda de agua, lo cual tiene como resultado una mayor velocidad de pérdida de revenimiento y aceleración del proceso de hidratación, lo que reduce los tiempos de fraguado y desde el punto de vista mecánico, reduce la resistencia.

En el momento de la hidratación del cemento, se forman en la superficie de sus granos cristales microscópicos que crecen entrelazándose y después se engranan como los "dientes" de un cierre. Mientras más dura la reacción, más cristales se forman. De allí resulta la pasta de cemento endurecida, la cual recubre los agregados.

Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que, al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a la compresión. Pero debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de cemento se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece a aproximadamente 20 °C. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es de más de 10 por ciento cuando la temperatura del concreto fresco y la temperatura de endurecimiento pasa de 20 a 30 °C (figura 4).

El otro factor importante que hay que destacar y que explica en términos micro-estructurales la falta de capacidad de desarrollo de las resistencias mecánicas a medianas edades (de 7 a 28 días de curado) cuando la temperatura del sistema supera los valores estándar, está ligado a la cinética de las reacciones de hidratación. La velocidad de las reacciones es mucho mayor, con lo que la formación del gel C-S-H (producto mayoritario de hidratación) se acelera, lo que a su vez atenúa de forma considerable el potencial reactivo del cemento en lo que

respecta a la formación de silicatos cálcicos hidratados. Las resistencias iniciales aumentan considerablemente cuando se incrementa la temperatura de curado, pero el desarrollo de la resistencia final se ve afectado negativamente. [López de la Fuente y Palomo, 2004], (Mouret et al)

2.13 Propiedades afectadas en estado fresco

A continuación se explican algunas de las propiedades del concreto en estado fresco que están afectadas por la temperatura ambiental. Cabe mencionar que entre todas, estas propiedades son las que mayor interés tienen considerando el alcance de este trabajo.

2.13.1 Trabajabilidad y pérdida de trabajabilidad

Según la norma ASTM C125; la trabajabilidad del concreto puede definirse como la propiedad de determinar el esfuerzo necesario para manipular una cantidad recién mezclado de concreto con una mínima pérdida de homogeneidad (uniforme).

En esta definición el término “manipular” se refiere a todas las operaciones relacionadas con el manejo del concreto fresco, tales como el transporte, la colocación, la compactación, el curado y en algunos casos el acabado. En otras palabras, la trabajabilidad es aquella propiedad que hace al concreto fresco más manejable sin tener el riesgo de segregación.

La consistencia del concreto fresco está controlada por la cantidad de agua adicionada a la mezcla, la cual a su vez depende de muchos factores tales como las propiedades de los áridos (forma de partículas y distribución de tamaños, textura superficial y angularidad), la cantidad y finura del cemento utilizado y la presencia o no de aditivos.

Por otro lado, la temperatura juega un papel muy importante en la trabajabilidad del concreto, es bien sabido que bajo condiciones de clima cálido, se requiere una mayor cantidad de agua para una determinada consistencia o

asentamiento. Por ejemplo [Soroka, 1993], basado en datos experimentales indica que un aumento de 10 °C en la temperatura del concreto tiene como consecuencia la disminución en el asentamiento inicial de aproximadamente 25 mm; de igual forma, por cada 10 °C de aumento en la temperatura del concreto, se necesitarán de 4 a 6 kg/m³ de agua para mantener un mismo asentamiento. El efecto de la temperatura en la demanda de agua es principalmente producido por su efecto en la velocidad de la hidratación del cemento y también en la tasa de evaporación del agua.

Es necesario aclarar la diferencia entre la trabajabilidad y la pérdida de trabajabilidad. El asentamiento o índice de trabajabilidad deber ser determinado lo más pronto posible después del amasado del concreto. El concreto en estado fresco se va rigidizando con el tiempo y perdiendo trabajabilidad; este fenómeno es conocido como “pérdida de trabajabilidad”. La pérdida de trabajabilidad es producida por la hidratación del cemento, evaporación del agua de amasado y la absorción de los áridos de esta agua. La actuación conjunta de estos efectos junto con el hecho de que la formación de los productos de hidratación consume parte del agua de la mezcla, tendrán como resultado una pérdida de agua libre, que se manifestará finalmente en la reducción del efecto lubricante del agua en el concreto.

Cuando se agregan a una mezcla de concreto, los plastificantes (agentes reductores de agua) son absorbidos en la superficie de las partículas de los aglomerantes, haciendo que se repelan entre sí, lo cual da como resultado una mejora en la trabajabilidad y proporciona una distribución más uniforme de las partículas del aglomerante través de la mezcla.

Por la misma razón, es importante tener un agregado bien graduado, en particular suficiente arena fina, para reducir al mínimo el volumen entre los agregados que la pasta de cemento necesita para complementar.

La nueva generación de súper-plastificantes (por ejemplo de tipo PCP) son altamente eficaces, con silicatos di calcio, pero la dosis debe ser controlada cuidadosamente para evitar un retraso excesivo. En una W / C de alrededor de

0,35 ahora es posible obtener concreto fluido durante más de 2 horas. Estos concretos todavía tienen resistencia de aproximadamente 30 MPa a las 8 horas, incluso a temperaturas ambiente de sólo 5° C (Fryda y Scrivener, 2002).

2.14 Tiempos de fraguado

El fraguado del concreto se define como la aparición de rigidez en el concreto fresco y precede a la ganancia de resistencia del concreto, que continúa durante largo tiempo si se presentan las condiciones favorables. Por lo tanto, se refiere a un estado de transición entre la fluidez y la rigidez. [Neville, 1999]

Los procesos de fraguado y posterior endurecimiento de la pasta de cemento, tienen lugar a través de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus componentes. Para que estos procesos tengan lugar es imprescindible la presencia de agua, sobre la cual actúan fuerzas físicas de adsorción y capilaridad, y fenómenos químicos de hidrólisis e hidratación.

Los fenómenos de hidrólisis e hidratación, como en toda reacción química, dependen entre otros factores, de la concentración y de la temperatura. Cuando la temperatura es elevada, tiene lugar una disminución del agua libre presente en la masa del concreto, ya que al fenómeno de absorción y mojado de la arena y áridos se suma la fuga de la misma por capilaridad, con lo que la relación agua/cemento es menor a la teórica (aumento de la concentración de sólidos) y los procesos de cristalización de los productos de reacción se verán acelerados.

Por otra parte, la velocidad de cualquier reacción química es tanto mayor cuanto más alta sea la temperatura a la que ésta tiene lugar. Así, a 35 °C el endurecimiento es casi dos veces más rápido que a 20 °C, temperatura que se acostumbra a tomar como referencia. [Código Modelo CEB-FIP, 1990]

En algunos estudios hechos sobre los tiempos de fraguado inicial y final del concreto en función de variables como la temperatura ambiental, la humedad relativa y la velocidad del viento, se encuentra que el incremento de temperatura y velocidad del viento aceleran el fraguado inicial y final del concreto, de igual forma,

un incremento en la humedad relativa tiene un efecto retardante en los fraguados inicial y final del concreto. [Ahmadi, 2000]

- **Determinación del Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico, el Método de la Aguja de VICAT. Designación de AASHTO: T 131 - 85 (1990). Designación de ASTM: C 191 – 82.**

Este método de prueba se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat de 1 mm de diámetro.

El tiempo de fraguado inicial determina el período de tiempo, desde el amasado de la pasta, en el cual esta se encuentra en un estado que permite ser moldeada con relativa facilidad sin que se alteren considerablemente su propiedades físicas y químicas.

El tiempo de fraguado final es el período de tiempo, medido desde el amasado de la pasta, hasta el momento en que debido a las reacciones de hidratación esta tiene la consistencia de un material rígido.

El tiempo de fraguado inicial y final dependen principalmente de los siguientes factores: Composición mineralógica del cemento, finura de molido del mismo, relación agua/cemento de la mezcla, temperatura a que se encuentran los materiales en el momento de la fabricación de la mezcla, temperatura ambiente y humedad relativa.

El tiempo de fraguado inicial, es el tiempo desde el inicio que el agua se agrega para la elaboración de la pasta, hasta que la aguja de vicat de diámetro 1 mm marque una penetración de 25 mm.

El tiempo de fraguado final es el tiempo transcurrido desde el inicio que el agua se agrega al cemento, hasta que la aguja de vicat de diámetro 1 mm, no deje huella apreciable sobre su superficie (0 a 3 mm). (Ver Procedimiento de ensaye en Anexos).

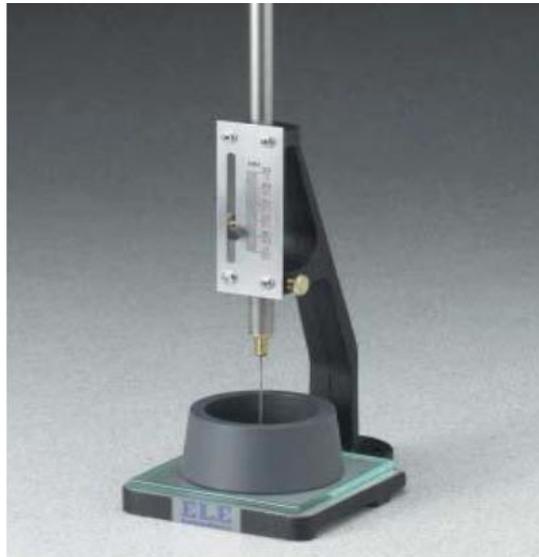


Figura 27. Aparato de Vicat para tiempo de fraguado del Cemento.

2.15 Retracción plástica y fisuración

Consecuencia directa de la mayor temperatura hemos visto que es la evaporación de parte del agua de amasado y la aceleración de los procesos de fraguado e hidratación; pero a su vez, como son procesos exotérmicos, tiene lugar un desprendimiento de calor que será tanto más rápido cuanto más rápidas sean estas reacciones, con lo que a la temperatura de la masa del concreto habrá que sumarle la debida al calor de hidratación.

El calor de hidratación de 1 kg de cemento es de unos 400 a 500 kJ (100 a 120 kcal), lo cual supone que en una dosificación típica de concreto, y si no hubiese ninguna pérdida de calor, la temperatura del mismo se puede elevar considerablemente.

Como la conductividad térmica del concreto es muy baja, este calor se acumula en su interior, elevando su temperatura. Si la temperatura exterior desciende (cambio de las condiciones climáticas, paso del día a la noche, etc.) y el gradiente de temperatura es importante, es muy probable la aparición en la superficie de fisuras de origen térmico. La retracción plástica es un fenómeno característico del concreto fresco, motivado por la tensión capilar del agua en el interior de los poros y que tiene lugar durante las primeras horas después de amasado el concreto. Es frecuente su presencia en losas de gran superficie, y

suele coincidir su aparición con el momento en el que desaparece el brillo de la superficie húmeda del concreto por la evaporación del agua.

Si por las razones que sean, la pérdida de agua en la superficie excede de la cantidad aportada por la exudación, se invierten las fuerzas capilares en el interior de los poros, y se produce un vacío en la masa del mismo. Durante este proceso, si la disminución de volumen está coaccionada en zonas próximas a la superficie por donde ha tenido lugar la evaporación del agua, bien sea por el árido grueso, bien por las armaduras o el encofrado, al estar el concreto en estado fresco y no tener ninguna resistencia, la probabilidad de que se fisure es muy elevada.

Aunque la fisuración debida a la contracción plástica se desarrolla a temperaturas normales, a elevadas temperaturas se puede tener una amplificación de los efectos en este fenómeno. La temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento afectan a las propiedades de concreto en estado fresco y endurecido. Una temperatura elevada y una baja humedad relativa (o la combinación de ambas) acelera la retracción plástica del concreto y si esta retracción está impedida se produce fisuración. [Almusallam, 2001]

2.16 Propiedades afectadas en estado endurecido.

Con el desarrollo de la hidratación, el concreto cambiará de ser un fluido a un estado plástico, y, finalmente, a un estado endurecido sólido. En el estado endurecido, concreto está listo para soportar cargas externas como material estructural.

Se explicara algunas de las propiedades del concreto en estado endurecido que son afectadas por la temperatura ambiental. Cabe mencionar que entre todas, estas propiedades son las que mayor interés tienen considerando los alcances de este trabajo.

2.16.1 Resistencia mecánica

Una elevada temperatura, una baja humedad relativa y una alta velocidad del viento, o la combinación de estos factores pueden ocasionar problemas durante la fabricación, colocación, compactación y curado del concreto, de igual forma estas



condiciones existentes en climas cálidos pueden también afectar al comportamiento del concreto en estado endurecido.

Las propiedades del concreto en estado endurecido que están afectadas más radicalmente por estos factores son: el desarrollo de la resistencia a compresión y la estructura porosa. Varios estudios en este sentido, indican que las condiciones de contorno en climas cálidos aceleran la resistencia del concreto a edad temprana, mientras que la resistencia a edades posteriores tiende a disminuir. [Almusallam, 2001], [Mustafa y Yusof, 1991]

La resistencia de la pasta de cemento; la resistencia de la pasta es muy significativa y los factores que tengan efectos sobre ésta, también tendrán efectos sobre la resistencia del concreto; el más importante de estos factores es la relación agua/cemento y de las propiedades de los áridos.

Las propiedades de los áridos; generalmente, la aspereza de la superficie de los áridos (textura), tiene efectos benéficos sobre la interfase pasta-árido, lo cual también aumenta la resistencia. La composición química y mineralógica de los áridos puede ser también un factor de influencia en la resistencia de la interfase. La resistencia del concreto disminuye cuando se utilizan áridos gruesos, y aumenta cuando la rigidez de éstos en su conjunto es mayor (mayor compacidad del esqueleto granular), es decir, su módulo de elasticidad.

La temperatura tiene efectos sobre la resistencia del concreto sobre (i) la velocidad de hidratación, (ii) la naturaleza de la estructura del concreto y (iii) la velocidad de evaporación y el resultante secado del concreto. Generalmente, debido al incremento en la velocidad de hidratación, la temperatura acelera la ganancia de resistencia a edades tempranas, sin embargo, la resistencia a edades posteriores será perjudicada. Lo anterior es debido a que bajo temperaturas elevadas la porosidad de la pasta de cemento es mayor y menos uniforme. [Soroka, 1993]

Algunos estudios experimentales han tratado de demostrar estas suposiciones, por ejemplo, [Mouret et al., 2003] realizaron un estudio enfocado a los efectos del



incremento de la temperatura de los constituyentes del concreto en la resistencia de éste (medida en probetas de control) y principalmente en la influencia del incremento de la temperatura de los áridos debida a la radiación solar.

Principalmente buscaban determinar si la adición de agua es la responsable de la pérdida de resistencia, la cual podría estar relacionada con la modificación de la relación agua/cemento, o bien, si eran las variaciones en las cinéticas de hidratación debidas a las condiciones térmicas. Si resultara ser cierta la primera causa, entonces se confirma que las recomendaciones básicas para colado en verano son suficientes, pero si no, se tendrán que estudiar más a fondo otros fenómenos asociados a la formación de la micro estructura.

Si la consistencia de la mezcla es mantenida por medio de adición de agua, se observa una reducción en la resistencia, la cual es explicada mediante un incremento de la porosidad del concreto debido al incremento de la relación agua/cemento o al incremento del contenido de aire. Desde un punto de vista práctico, este estudio confirma que las recomendaciones básicas para colado en verano son parcialmente suficientes y justificadas.

Por otro lado, la dosificación de aditivo reductor de agua es ciertamente una buena solución con el objeto de adaptar el diseño de la mezcla a las condiciones de verano.

Otro estudio interesante desde el punto de vista del efecto de la temperatura de curado no isotérmica sobre la resistencia mecánica del concreto es el realizado por [Kim et al., 1998]. En este estudio experimental se investigó el desarrollo de resistencia para varias condiciones de curado (variables con el tiempo) a 5, 20 y 40 °C, durante los primeros 3 días después de su fabricación. Con posterioridad, las probetas se curaron a 20 °C hasta los 28 días.

En los resultados se observó, en línea con lo ya conocido, que los concretos expuestos a una alta temperatura inicial (40 °C) alcanzan una alta resistencia inicial pero finalmente una menor resistencia a largo plazo. Por el contrario, los especímenes de concreto expuestos a una baja temperatura inicial (5 °C) tienen

una baja resistencia inicial pero casi las mismas o mayores resistencias a largo plazo que los concretos curados a 20 °C. Por otro lado, la variación de temperatura de curado parece ser efectiva dentro de los 3 primeros días después de fabricación, para la resistencia a largo plazo.

En este sentido, las variaciones de la temperatura de curado posteriores a los primeros 3 días después de la fabricación parecen no tener consecuencias significativas sobre la resistencia.

2.16.2 Durabilidad

Según el comité 201 del ACI, la durabilidad del concreto se define como su resistencia a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. De tal manera que un concreto durable debe mantener su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a su medio ambiente.

[Soroka, 1993] Dotar al concreto de la durabilidad adecuada en ambientes agresivos no es una tarea fácil y requiere de atenciones especiales a ciertos detalles durante las etapas de diseño y producción del concreto. Esta situación es particularmente significativa en condiciones de climas cálidos, donde los factores ambientales pueden agravar el problema y dificultar que el concreto tenga la calidad requerida. Por lo tanto, la durabilidad depende del ambiente al que se exponga el concreto o de causas internas del concreto mismo.

La durabilidad del concreto está en función de algunos agentes agresivos y procesos determinados, y sus efectos sobre el concreto pueden ser acrecentados por la influencia de la temperatura. Entre estos agentes podemos mencionar los siguientes:

2.16.3 Permeabilidad

La temperatura tiene efectos sobre la porosidad del concreto, tanto, sobre el tamaño de los poros como sobre la distribución de éstos. La exposición a altas temperaturas de un cemento en estado deshidratación produce un sistema poroso más grueso. Debido a que la permeabilidad está determinada por la porosidad del



sistema, la permeabilidad puede ser incrementada en función de la temperatura. Por otro lado, la permeabilidad también está determinada por la relación agua/cemento, en el sentido de que a mayor relación agua/cemento la permeabilidad será mayor, teniendo consecuencias negativas sobre la durabilidad.

2.17 Factores medio ambientales asociados a la influencia en las propiedades del concreto.

El Comité ACI 305 define clima caluroso como “Cualquier combinación de altas temperaturas ambientales, altas temperaturas del concreto, baja humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. Los efectos de las temperaturas altas, radiación solar y baja humedad relativa del concreto son más pronunciados con el incremento en la velocidad del viento (ver Figura 1) y pueden llevar a la rápida evaporación de humedad, la causa principal del agrietamiento por retracciones plásticas en el concreto.

A los efectos de este informe, el calor es cualquier combinación de las siguientes condiciones que tiende a deteriorar la calidad de las mezclas de concreto fresco o endurecido por la aceleración de la tasa de pérdida de humedad y la velocidad de hidratación del cemento, o de otra manera causar resultados perjudiciales:

- Gran ambiente temperatura;
- Alta temperatura del concreto;
- Baja humedad relativa, la velocidad del viento; y
- La radiación solar.

Al mencionar los principales factores que tienen relación directa con la problemática del colado en climas cálidos y con la disminución de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Estos factores tienen que ver con aspectos naturales (medioambientales), con las propiedades y

temperatura de los constituyentes del concreto y con la del propio concreto, con aspectos industriales y de producción y con el factor humano.

2.18 Parámetros térmicos ambientales.

Los parámetros climáticos que en general interesa considerar en el tipo de problema planteado de esta tesis son la temperatura ambiente, la radiación solar y la velocidad del viento.

2.18.1 Temperatura ambiente

En el pasado, la temperatura máxima permisible a la que el hormigón podía ser colocado estaba limitada. Sin embargo, esta no es una restricción razonable para zonas geográficas donde las temperaturas ambientales son muy altas. Por ejemplo, la Norma Europea ENV 206:1992 limita la temperatura de colocación del hormigón a 30 °C.

Además, según [Neville, 1999], afirma que en la medida de lo posible, es deseable colocar el hormigón durante la parte más fría del día y preferiblemente al tiempo en el cual la temperatura ambiente subirá después del fraguado del hormigón, esto es, después de medianoche o en las primeras horas de la mañana. La temperatura máxima del hormigón está limitada por una serie de razones para prevenir daños al hormigón. Ciertos estudios demuestran que la durabilidad a largo plazo se deteriora si la temperatura máxima después de la colocación excede el rango de 68 a 74 °C. El principal mecanismo de daño es el DEF (delayed ettringite formation - formación retardada de etringita), el cual puede causar expansiones internas y la fisuración del hormigón, pudiendo ser evidente hasta después de algunos años. Otras razones para limitar la temperatura máxima del hormigón tienen que ver con la retracción plástica, expansión térmica y reducción de resistencias mecánicas.

La diferencia de temperatura máxima permitida, entre la parte de mayor temperatura del hormigón y la superficie de éste, debe ser controlada con el objeto de minimizar la posible fisuración térmica; esto sucede cuando las contracciones debidas al enfriamiento de la superficie provocan tensiones tractivas que superan la resistencia a tracción del hormigón, sobre todo a primeras edades. La diferencia



de temperatura máxima permitida está en función de las propiedades mecánicas del hormigón, tales como la expansión térmica, la resistencia a tracción y el módulo de elasticidad, así como del tamaño y restricciones existentes en el elemento estructural. [Gajda y Vangeem, 2002]

2.18.2 Radiación solar.

La radiación solar es uno de los factores climatológicos que muestra una gran influencia sobre la respuesta térmica de las estructuras de hormigón. Cualquier material expuesto a la intemperie en horas diurnas, gana energía calorífica como resultado de la radiación solar que incide sobre su superficie. Durante la noche, tiene lugar una pérdida de la energía calorífica almacenada por el material debido a la re-radiación emitida por éste hacia los alrededores.

Este fenómeno puede afectar a los áridos cuando se almacenan a la intemperie y al mismo tiempo, al hormigón en estado fresco y en edades muy tempranas. Estos materiales se comportan como “cuerpos grises” ya que absorben parte de la radiación solar incidente. Así, la cantidad de energía calorífica absorbida por un material depende de su coeficiente de absorción solar.

Los efectos de este parámetro sobre los áridos resultan en un incremento de su temperatura, lo que a su vez supondrá problemas al hormigón en sus dos facetas (fresco y endurecido). Respecto al efecto de la radiación solar sobre el hormigón en estado fresco y en edades muy tempranas, tiene repercusiones negativas ya que, asimismo, incrementa la temperatura de éste, ocasionándole una excesiva evaporación de agua y los daños adicionales que se han mencionado.

Una función utilizada por diversos investigadores [Calmon, 1995], es aquella que relaciona la radiación solar total diaria sobre superficie horizontal, W , y la duración del día solar T_0 . La intensidad de radiación solar incidente en el instante ‘ t ’ puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

La aplicación de esta ecuación es válida para aquellos casos en los que se dispone de medidas experimentales de radiación solar y número de horas de sol.

La temperatura de los áridos puede ser controlada a tal grado de evitar la radiación solar directa sobre ellos. La temperatura de los áridos expuestos directamente al sol se incrementa aproximadamente 4 a 5 °C comparada con la de los áridos a la sombra. [Nambiar y Krishnamurthy, 1984] Su temperatura ocasiona el efecto más pronunciado sobre la temperatura del hormigón. Es por eso que muchas veces se recomiendan algunas acciones como poner a la sombra o rociar con agua los acopios de áridos inmediatamente antes de utilizarlos. [Mouret et al., 2003], [Turton, 1995], [Kay y Slater, 1995], [Goeb, 1986], [Malisch, 1990], [Lee, 1989], [Schrader, 1987]

Durante la noche, los áridos y el cemento no se enfrían tan rápido como el agua, por lo que es incorrecto asumir que su temperatura será igual a la ambiental en un momento dado. En este sentido, habrá que calcular su temperatura en función de sus coeficientes de inercia térmica y de la evolución de la temperatura ambiental en función del tiempo.

2.18.3 Velocidad del viento

La velocidad del viento afecta a las propiedades del hormigón en estado fresco, bajo el mecanismo principal de la evaporación del agua del hormigón. Posteriormente este efecto tiene consecuencias sobre las propiedades del hormigón en estado endurecido, principalmente sobre la resistencia mecánica y la durabilidad, ya que la hidratación del cemento no es completa, lo que disminuye las propiedades mecánicas y la impermeabilidad.

2.19 Climatología de Nicaragua.

Nicaragua se encuentra situado en América Central, en la zona caliente, al norte de la línea ecuatorial, y al oeste del meridiano de Greenwich. Además, está ubicado entre los paralelos 15°45' y 15°15' de latitud norte y los meridianos 83° 00' y 88°00' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Su ubicación está dentro del cinturón tropical entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio, lo que determina en gran manera su clima.

Un rasgo del clima de Nicaragua, es que se encuentra la mayor parte del año bajo la influencia de los vientos Alisios, provenientes de los anticiclones

subtropicales de las Azores y Bermudas. Estos vientos son constantes, de poca variabilidad y tienen la particularidad de arrastran masas de aire húmedo del mar Caribe hacia el interior de Nicaragua. Este viento cálido y húmedo penetra por la vertiente del Atlántico hacia la vertiente del Pacífico, ejerciendo un efecto importante sobre el estado del tiempo y el clima del país.

2.19.1 Temperatura media anual.

Las temperaturas medias anuales presentan variaciones relativamente pequeñas, mientras que los valores extremos diarios muestran oscilaciones considerables. La variabilidad estacional del régimen térmico, se aprecia en las vertientes de los principales sistemas montañosos del país, en particular entre los 200 y 900 metros sobre el nivel medio del mar (Ver Mapa).

Existe una clara diferencia entre los regímenes térmicos de las zonas costeras (Atlántico y Pacífico), las que presentan un comportamiento uniforme todo el año, pero muy diferente entre sí y las zonas montañosas localizadas arriba de los 800 msnm.

En la Región del Pacífico y en la cuenca de los lagos (Cocibolca y Xolotlán), predominan los días muy cálidos, caracterizados por temperaturas medias superiores a 34.0 °C. La temperatura media del país es de 25.4 ° C.

2.19.2 Zonas climáticas

Nicaragua se encuentra latitudinalmente dentro de la región tropical; por sus condiciones de topografía y altitud, el país presenta una diversidad y complejidad de macro climas y de manera especial una amplia variedad de micro climas, a pesar de la estreches de su territorio.

De acuerdo a la altura sobre el nivel del mar; Nicaragua se distingue las siguientes zonas climáticas, esta clasificación se basa en las definiciones climáticas de Koppen.

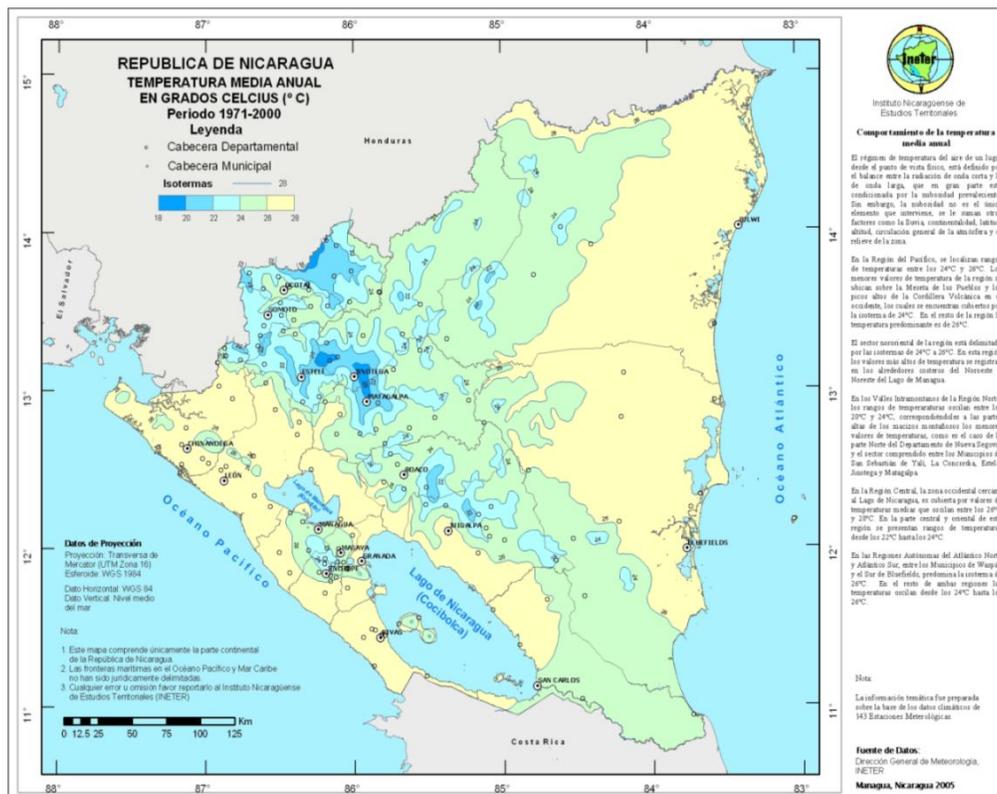


Figura 28. División Climatológica de Nicaragua.

2.19.3 Clima Caliente y Sub-Húmedo con Lluvia en Verano.

Este clima predomina en toda la Región del Pacífico y en la mayor parte de la Región Norte. Se caracteriza por presentar una estación seca (Noviembre–Abril) y otra lluviosa (Mayo–Octubre). La temperatura media anual registra valores de 30°C en la parte central de Región del Pacífico y de 18°C en los lugares elevados del macizo montañoso central.

2.19.4 El Clima Monzónico.

Predomina en la llanura de las Regiones Autónomas del Atlántico, abarcando el este del Municipio de Boca de Sábalo y extendiéndose a los Municipios de Tuma – La Dalia, Bonanza y Cabo Gracias a Dios, luego bordea toda la faja costera al Mar Caribe hasta el Municipio de Bluefields. Un pequeño núcleo se presenta al Sur del Lago de Nicaragua. Se caracteriza por registrar un período lluvioso de 9 ó 10 meses, con precipitaciones promedios anuales de 2000 mm a

4000 mm. Las lluvias disminuyen en los meses de Marzo y Abril. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 25°C y 26°C.

2.19.5 Clima Caliente y Húmedo con Lluvia todo el Año.

Se manifiesta al Sureste de la Región Autónoma del Atlántico Sur y en el Departamento de Río San Juan, desde Punta Mono hasta Greytown, Cabecera Municipal del Municipio de San Juan de Nicaragua. En esta área llueve durante todo el año y registra acumulados anuales de precipitación de 5000 mm a 6000 mm. Las lluvias se reducen en los meses de Marzo y Abril y las temperaturas medias anuales oscilan entre 25°C y 27°C.

2.19.6 Clima Seco y Árido.

Se presenta al Oeste del Municipio de Sébaco y en los Municipios de Totogalpa, Telpaneca y Yalagüina de la Región Norte. Se caracteriza por mostrar una estación seca muy severa, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 23° C y 27° C, mientras que la precipitación promedio anual, presenta rangos de 650 mm a 8010 mm.

2.19.7 Clima Templado Lluvioso.

Se localiza en las partes más altas de la Región Norte, en la Cordillera de Dipilto y en el Municipio de San Rafael del Norte en el Departamento de Jinotega. Se caracteriza por mostrar, temperaturas medias anuales del orden de los 18°C, debido a que corresponde a lugares situados arriba de los 1000 metros. Las precipitaciones promedios anuales oscilan entre 1000 mm y 1800 mm.

2.20 Climatología de la zona de estudios.

Para poder distinguir las características climatológicas de las zona de este estudio, analizaremos en forma general, lo establecido por el Instituto Americano del Concreto (ACI), específicamente en las guías 305 y 306, en las que se distinguen dos tipos de clima extremo, que pueden provocar problemas durante el mezclado, transporte y colocación del concreto; en clima cálido y en clima frío, respectivamente.

En el primer caso, la principal preocupación es que el agua del concreto se evapore rápidamente y que una parte significativa del cemento no se hidrate; por lo que no aporte resistencia al material y este se vuelva muy poroso. Desde el enfoque anterior, se puede clasificar que las construcciones en las principales zonas de nuestro país, se enfrentan a las condiciones de manejo de concreto en clima cálido.

El ACI 305 R-91 define el clima cálido como cualquier combinación de las siguientes condiciones:

Alta temperatura ambiente.

Alta temperatura en el concreto.

Baja humedad relativa.

Velocidad de viento considerable.

2.21 Climatología del municipio de Managua.

Managua se ubica en la parte Central de la Región del Pacífico, entre las latitudes de 11° 46' 37" Norte y los 12° 38' 22" Norte, y entre las longitudes de 85° 53' 22" Oeste y 86° 41' 00" Oeste.

El clima predominante en Managua, es el de Sabana Tropical (Aw) según clasificación de Köppen. Este clima, se caracteriza por presentar una marcada estación seca de cuatro a cinco meses de duración, extendiéndose principalmente entre los meses de Diciembre a Abril.

La distribución de la temperatura media mensual en el Departamento de Managua, alcanza sus valores más altos en San Francisco Libre (30.3 °C) y 26.9 °C en los lugares más elevados, situados al Norte y Suroeste del departamento; con oscilaciones máximas anuales de 2.4 °C y 3.2 °C respectivamente.

La humedad relativa media anual en el Departamento de Managua, varía de 64 % en la estación de San Francisco Libre, y hasta 75 % en la estación Managua

Aeropuerto. Según el mapa de distribución espacial de la humedad relativa media anual, se muestra que en la parte Suroeste del Departamento se localizan valores mayores al 75 % de humedad, mientras que en la parte Central y Norte de dicho Departamento, éstos son inferiores al 75 % de humedad.

Con respecto al régimen de evaporación, se observa que los totales anuales de evaporación oscilan entre 2380 mm y 2806 mm, incrementándose ésta en la zona Norte del Departamento.

Otros resultados indican que la presión atmosférica y la velocidad media del viento presentan sus valores máximos en el mes de Enero y Marzo. La presión con un valor máximo de 754.6 (hPa) y el viento alcanza una velocidad media máxima de 3.0 m/s, debido a la influencia de los Anticiclones Continentales Migratorios, procedentes del continente norteamericano. El valor mínimo de la presión atmosférica ocurre en Octubre con un valor de 753.2 hPa, coincidiendo con el valor mínimo de la velocidad media mensual del viento, que también se da en Octubre, con un valor de 1.0 m/s. La dirección predominante del viento durante todo el año es de componente Este.

Con respecto a la nubosidad se observó que en el período lluvioso se registra el máximo y el mínimo en el período seco; lo cual está en concordancia, con la ocurrencia del máximo de insolación en el período seco; mientras que el mínimo se presenta en los meses del período lluvioso.

En base al comportamiento de las principales variables climatológicas, se puede afirmar de forma general que el Departamento de Managua, se caracteriza por tener en la zona norte, valores bajos de precipitación y de humedad relativa, alta temperaturas y un fuerte índice de evaporación, lo que demuestra una evidente falta de humedad atmosférica.

CAPITULO 3.

3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ENSAYE DE MUESTRAS.

3.1 Descripción del trabajo a realizar.

El trabajo a realizar consiste en someter muestras de concreto aplicando dos métodos de curado (curado húmedo y curado con membranas), para determinar la evolución de cada uno de ellos midiendo su desarrollo por medio de la prueba de resistencia a la compresión, la cual se describe en los enunciados siguientes.

3.2 Toma de muestras de concreto.

Las muestras que se utilizaron en los ensayos fueron obtenidos por empresas autorizadas en fabricación de concreto, en este caso la empresa proveedora fue HOLCIM S, A. La recolección de muestras se hizo de camiones revolvedores, que contenían concreto con características deseadas como son la resistencia de diseño, el asentamiento (revenimiento) etc.

La tabla No x muestra las características del concreto empleado para la fabricación de especímenes de prueba.

Tabla 4. Parámetros de Diseño de Concreto usados para este estudio.

Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	Revenimiento (Plg)	Agregado Máximo (Plg)	Tipo de Estructura
340	1-6	1/2"	Losa de Entrepiso

3.3 Procedimiento para la construcción de especímenes de prueba ASTM C31.

3.3.1 Prueba de revenimiento.

Para determinar el revenimiento alcanzado en el proceso de mezclado, se realizó el proceso descrito en la norma estandarizada ASTM C 143, la cual plantea el uso del cono de Abrams, que deberá ser llenado con el concreto recién mezclado primeramente a un tercio de la altura del cono y compactado con la varilla punta de de bala (5/8" de diámetro y 60 cms de longitud) a un ritmo de 25 golpes consecutivos distribuidos uniformemente en el concreto.

Una vez terminados los 25 golpes se procede al llenado de 2/3 de la altura del cono, así mismo se debe compactar el concreto con otros 25 golpes, esta vez penetrando la capa primera de concreto con la segunda.

Para finalizar el llenado del cono se procede a enrasar a la altura total del cono y compactando el concreto con la varilla con la misma frecuencia que las veces anteriores.

Para determinar el revenimiento se quita el cono lentamente sin producir mucho movimiento que pueda deformar considerablemente el concreto fresco. Seguidamente se mide la deformación del concreto con respecto a la parte superior del cono.



Figura 29. Determinación del Revenimiento del Concreto usando el Cono de Abrams. Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2 Moldes de especímenes.

Los moldes para los especímenes utilizados en este trabajo son moldes plásticos con dimensiones 6" de diámetro por 12" de altura según ASTM C 31, los cuales fueron suministrados por la empresa HOLCIM para la fabricación de las muestras.



Figura 30. Moldes Plásticos usados en la fabricación de Muestras.

3.3.3 Llenado de los cilindros de Muestras.

El procedimiento para el llenado de los cilindros está dado según la norma ASTM C 31 que fue la que se implementó en el llenado para este trabajo, y fue de la siguiente manera.

Una vez preparados los moldes y mezclado el concreto, se procede al llenado de los cilindros en tres partes. Primero se llenó a 1/3 de la altura del cilindro

seguido del proceso de compactación con la varilla punta de bala con una frecuencia de 25 golpes distribuidos uniformemente en el área del cilindro.

Se procedió al llenado a 2/3 de la altura de cada cilindro, siguiendo el proceso con el compactado de la misma manera que la primera capa con la diferencia que la varilla se penetró hasta tocar la primera capa para homogeneizar ambas capas.

Por último se terminó de llenar los cilindros hasta enrasar con su borde libre y siempre con el proceso de compactación con la misma frecuencia de 25 golpes y la homogeneización de capas.



Figura 31. Llenado de las Muestras de Concreto.

3.3.4 Desencofre de las Muestras de Concreto.

Después de 24 horas de la fabricación del concreto y del llenado de los moldes, se procedió a desencofrar las muestras para someterlas a los diferentes métodos de curado.



Figura 32. Momento de Desencofre de las Muestras.

3.4 Curado de especímenes por el método de curado Húmedo.

Durante las primeras 24 horas los especímenes se deben guardar en una pila de concreto, la cual debe conservarse a una temperatura que puede variar entre 16° C y 27° C.

Los especímenes que se fabriquen con el fin de verificar la resistencia del concreto usado, se deberán sacar de los moldes al cabo de 24 horas y almacenar en un sitio húmedo en donde la superficie de los especímenes esté constantemente expuesta a la humedad, sumergidos en agua. La temperatura debe permanecer entre 18° C y 24° C.



Figura 33. Curado de las muestras por el método de curado húmedo.

3.5 Curado de especímenes con formadores de membrana.

El procedimiento para realizar el curado con membrana se resume en rociar la superficie del concreto con la membrana, usando un equipo rociador, en este caso se usará un rociador que produzca la presión necesaria para cubrir la superficie de los cilindros con la membrana de curado.



Figura 34. Rociado o Curado con Líquido Formador de Membrana de Curado.



Figura 35. Curado de las Muestras aplicando membranas de Curado.

Cabe señalar que se construyeron 32 muestras de concreto para realizar la comparación de la resistencia a compresión con los dos métodos de curados establecidos en este trabajo. La manera como se distribuyeron las muestras se representa en la siguiente tabla.

Tabla 5. Distribución de las muestras por método de curado aplicado.

Nº de Muestras para edades diferentes de ensayos				
Tipo de Curado	7 días	14 días	21 días	28 días
Curado Húmedo	2	2	2	2
Curado con Membrana 1	2	2	2	2
Curado con Membrana 2	2	2	2	2
Curado con Curador que no forma membrana.	2	2	2	2
Total				32

3.6 Descripción de los productos de curado según fabricante.

Curamax: Curador de concreto y mortero que no produce membrana.

Descripción:

Curamax es un curador transparente a base de silicatos, que no produce membrana, especialmente formulado para brindar un curado adecuado del concreto y mortero.

Usos

- Interiores horizontales y verticales.
- Exteriores verticales.

Sobre superficies de

- Concreto en etapa de curado.
- Mortero en etapa de curado.

Ventajas

- No interfiere con la adherencia de futuros morteros, pinturas o recubrimientos.
- Elimina el costoso sistema de curar con agua.
- Fácil aplicación con rodillo o bomba de baja presión.
- No contiene ceras ni resinas.

Modo de empleo

Colocación: Aplique el Curamax con una bomba de baja presión, pulverizador manual o rodillo, inmediatamente después de dar el acabado final o de quitar el encofrado. Curamax tiene un rendimiento de 5 m² a 10 m² por litro y una densidad de 1.09 kg/l.



Sika Curador Blanco (Kurez Vox White): Curador para concreto y mortero, con base agua.

Descripción:

Emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película de baja permeabilidad que evita la pérdida prematura de humedad para garantizar un completo curado del material.

Ventajas

- Impide el resecamiento prematuro del concreto permitiendo el normal desarrollo de las resistencias.
- Se aplica solamente una vez, reduciendo así los costos de curado de concretos y morteros.
- Viene listo para usar y es fácil de aplicar.
- Ayuda a controlar el agrietamiento en grandes áreas expuestas al sol y al viento.
- La pigmentación del producto permite la fácil identificación del área tratada.
- Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes.

Modo de Empleo y Aplicación del Producto

Sika Curador Blanco: viene listo para ser usado. Se aplica sobre la superficie del concreto 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 curador debe hacerse tan pronto desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, situación fácilmente detectable pues la superficie cambia de brillante a mate.



La aplicación también puede efectuarse con brocha, sólo que en este caso la superficie es rayada con las cerdas de la brocha y el consumo se incrementa. Aplicado con fumigadora o aspersor neumático aproximadamente 200 g/m².

Tabla 6. Datos técnicos de Curamax.

Datos Técnicos	Tipo: Emulsión acuosa de parafina.
	Color: Blanco.
	Densidad: 0,97 kg/l aprox.

Antisol Blanco: Curador para concreto y mortero, con base agua.

Descripción: Emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película de baja permeabilidad que evita la pérdida prematura de humedad para garantizar un completo curado del material. Cumple con la norma ASTM C 309.

Usos

Antisol Blanco se utiliza para curar el concreto o mortero, la película que forma 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 concreto o mortero.

Ventajas

- Impide el re-secamiento prematuro del concreto permitiendo el normal desarrollo de las resistencias.
- Se aplica solamente una vez, reduciendo así los costos de curado de concretos y morteros.
- Viene listo para usar y es fácil de aplicar.
- Ayuda a controlar el agrietamiento en grandes áreas expuestas al sol y al viento.
- La pigmentación del producto permite la fácil identificación del área tratada.
- Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes.



Modo de Empleo y Aplicación del Producto

Antisol Blanco viene listo para ser usado, el producto NO debe diluirse por ningún motivo. Previo a su aplicación se deberá mezclar enérgicamente el contenido del envase, operación que deberá repetirse continuamente durante su aplicación, se aplica sobre la superficie del concreto 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 curador debe hacerse tan pronto desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, situación fácilmente detectable pues la superficie cambia de brillante a mate. La aplicación también puede efectuarse con brocha, sólo que en este caso la superficie es rayada por las cerdas de la brocha y el consumo se incrementa. Puede ser aplicado con fumigadora o aspersor neumático aproximadamente 200 g/m².

Tabla 7. Datos técnicos de Antisol Blanco.

Datos Técnicos	Tipo: Emulsión acuosa de parafina.
	Color: Blanco.
	Densidad: 0,97 kg/l aprox.



Figura 36. Curadores de Concreto utilizados en este estudio.

3.7 Procedimiento de ensaye o pruebas de resistencia a la compresión para ambos métodos de curado.

Equipo:

Máquina hidráulica para ensayos de compresión con capacidad de 200,000 lbs.

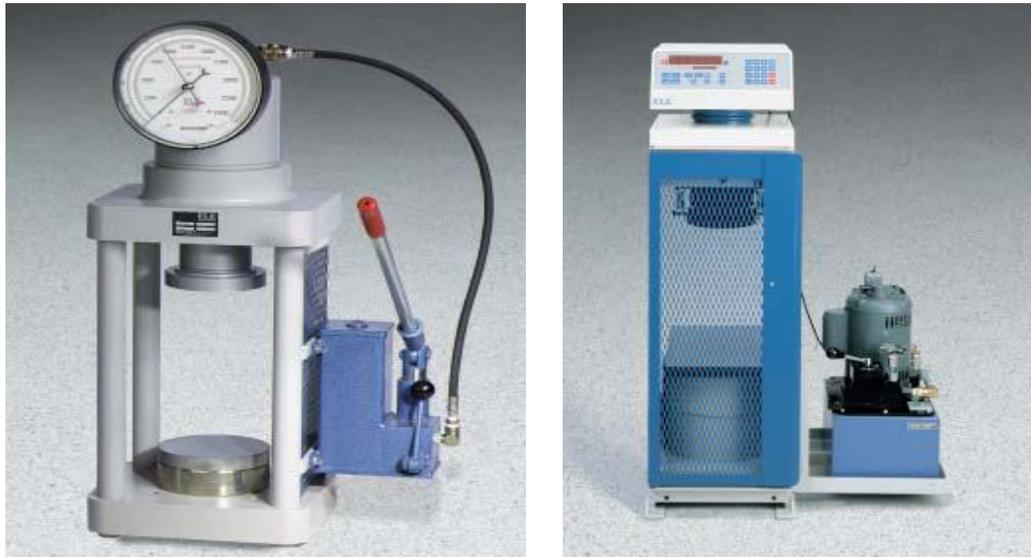


Figura 37. Máquina Compresora. Fuente: Laboratorios CIGEO.

Preparación de la Muestra

- ✓ La manera como se deben preparar los especímenes para este ensayo, se especifican en la norma ASTM C 31.
- ✓ Los cilindros se deben ensayar tan pronto como sea posible después de sacarlos del cuarto húmedo. Con el fin de que conserven la humedad, los cilindros deberán ser cubiertos con una lona húmeda.
- ✓ El diámetro del cilindro se determinó midiéndolos dos veces más o menos a la mitad de la altura, teniendo cuidado en que las medidas fueron hechas perpendicularmente la una a la otra. Estas medidas se hicieron con una aproximación de 0.01". La altura del cilindro se determinó con una aproximación de 01".



Figura 38. Determinación del Diámetro de las muestras.

- ✓ Algunas de las bases de los cilindros de muestra no eran planas dentro de una variación permitida de 0.002 pulg., se procedió a cabecear utilizando una sierra de disco para aproximar las medidas de la superficie.



Figura 39. Cabeceo para la precisión y mejoras en el momento de la reacción.



Figura 40. Cabeceo de las muestras de Concreto.

Procedimiento de ensaye

- ✓ Se coloca el cilindro en la máquina y se centra con relación a la placa superior. Se pone la placa superior en contacto con el espécimen.
- ✓ Se aplica la carga de una tasa de aumento constante y uniforme más o menos entre 20 y 50 libras por pulgada cuadrada por segundo.
- ✓ Se aumenta la carga hasta que el espécimen falle. Se debe anotar esta carga máxima aplicada, lo mismo que el tipo de fractura del cilindro.

CAPITULO 4.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo abordamos los resultados obtenidos de los procedimientos empleados, desde la fabricación del concreto hasta los ensayos de prueba de resistencia a la compresión utilizando las diferentes membranas de curado y comparándolos con el curado estándar.

Para identificar cada membrana usada se codificó de la manera siguiente las muestras.

- Kurez Vox White = KVV.
- Antisol Blanco = ASB.
- Curamax = CM.
- Curado estándar = CE.

4.1 Resultados de las Pruebas de Revenimiento.

El revenimiento establecido o requerido está en el rango de 1-6". La siguiente tabla muestra los revenimientos obtenidos, así como la comparación en base al revenimiento requerido.

Tabla 9. Revenimientos Obtenidos de la mezcla utilizada.

Código de Muestra	Revenimientos Obtenidos (Plg)	Revenimiento Promedio (Plg)	Revenimiento requerido (Plg)
KW-7-1	5	5.98	1-6
KW-7-2	6.5		
CM-7-1	6.5		
CM-7-2	6.66		
ASB-7-1	6		
ASB-7-2	5.66		
CE-7-1	6.5		
CE-7-2	5		



Según la tabla se puede concluir que el revenimiento promedio del concreto se encuentra en el rango del revenimiento requerido. Así mismo se puede apreciar que la variación entre los revenimientos de las muestras ensayadas no varía de manera brusca, de donde podemos establecer el rango máximo y mínimo del revenimiento que se obtuvo, siendo estos: rev-max = 6.66" y rev-min: 5".

4.2 Análisis de resultados de pesos iniciales y finales de las muestras para encontrar el porcentaje de retención de cada membrana.

Después de la elaboración de la mezcla de concreto y el llenado de los moldes, se pesaron las muestras frescas procurando obtener estos datos como cabeceros para determinar la pérdida de agua al cabo del tiempo para así poder calcular la efectividad de la membrana a partir del cálculo de la retención de agua, la cual se determina a partir de los pesos iniciales y finales de las muestras.

Las siguientes tablas expresan los pesos obtenidos al momento del llenado de los moldes y los pesos de las muestras un instante antes de ser ensayadas a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días. Cabe destacar que los pesos iniciales no incluyen los pesos de los moldes, esto con el fin de trabajar únicamente con los pesos del concreto.

En la tabla 9 se muestran los pesos correspondientes a las muestras a los siete días de edad con cada curador empleado así como el curado estándar o húmedo. Al momento de comparar los pesos obtuvimos que las muestras curadas con CM (Curamax) presentaron una reducción de 5% del peso que equivale a la cantidad de agua perdida en ese periodo, siendo así el valor más alto en cuanto a pérdida de humedad en comparación con las demás muestras, seguido por el Kurez vox White y el Antisol blanco.

En el caso del curado húmedo el porcentaje de pérdida de peso se refleja en valor negativo debido a que las muestras estuvieron saturadas en agua todo el tiempo, llenando los espacios o poros de las muestras haciendo que estas aumentaran su peso.



Tabla 10. Pesos iniciales y finales a los 7 días.

Cilindro No.	Muestra	Fecha en que se tomó el peso inicial	Fecha de Realización de Ensaye.	Diferencia de Días.	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Reducción de Peso (kg)	% de reducción de peso.
1	KW-7-1	14/04/2014	21/04/2014	7	13.68	13.0747	0.6053	4.42
2	KW-7-2				13.67	13.2094	0.4606	3.37
3	CM-7-1				13.76	12.9415	0.8185	5.95
4	CM-7-2				13.75	12.9929	0.7571	5.51
5	ASB-7-1				13.38	13.2586	0.1214	0.91
6	ASB-7-2				13.48	13.4287	0.0513	0.38
7	CE-7-1				13.28	13.3468	-0.0668	-0.50
8	CE-7-2				13.26	13.3938	-0.1338	-1.01

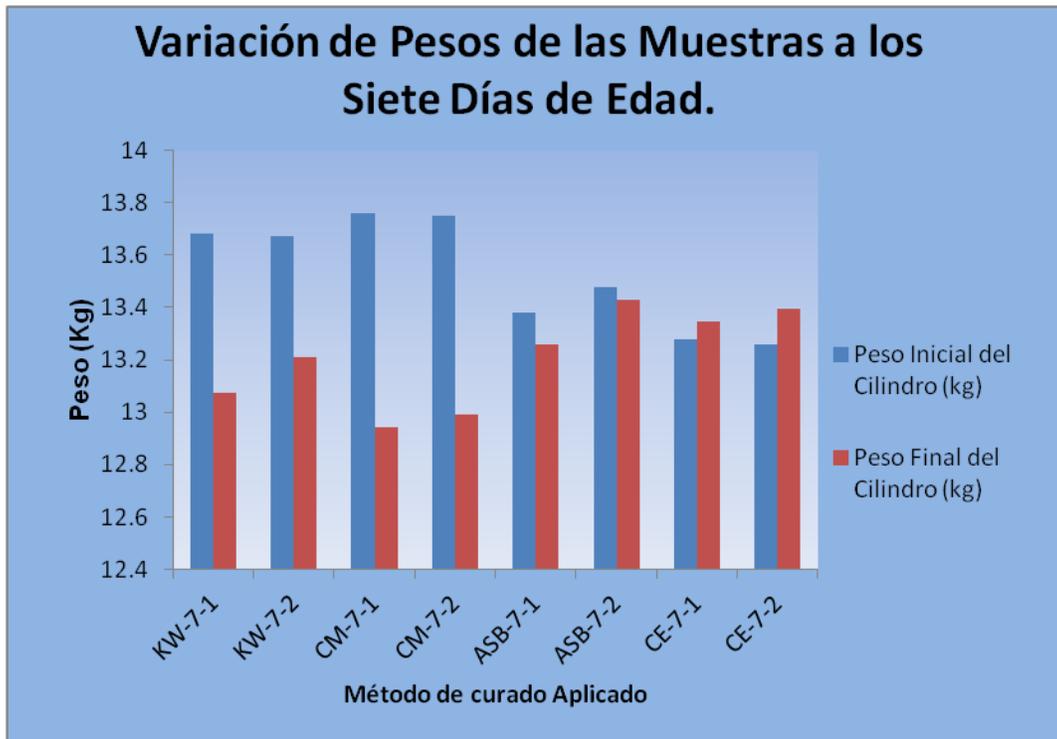


Gráfico1. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 7 días.

La tabla 10 muestra los pesos de las muestras a los 14 días de edad y al igual que en el caso anterior, la membrana que presenta una mayor pérdida de humedad es el CM (Curamax), seguido del Kurez vox White y Antisol blanco en

último lugar. Con respecto al curado estándar como en el caso anterior las muestras estaban sumergidas en agua por lo tanto su peso aumentó.

Tabla 11. Pesos Iniciales y Finales a los 14 días.

Cilindro No	Muestra	Fecha en que se tomó el peso inicial	Fecha de Realización de Ensaye.	Diferencia de Días.	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Reducción de peso (kg)	% de reducción de peso.
9	KW-14-1	14/04/2014	28/05/2012	14	13.70	13.2807	0.4193	3.06
10	KW-14-2				13.55	13.2804	0.2696	1.99
11	CM-14-1				13.78	13.1389	0.6411	4.65
12	CM-14-2				13.74	13.2754	0.4646	3.38
13	ASB-14-1				13.34	12.9461	0.3939	2.95
14	ASB-14-2				13.38	13.1399	0.2401	1.79
15	CE-14-1				13.20	13.4392	-0.2392	-1.81
16	CE-14-2				13.20	13.3303	-0.1303	-0.99

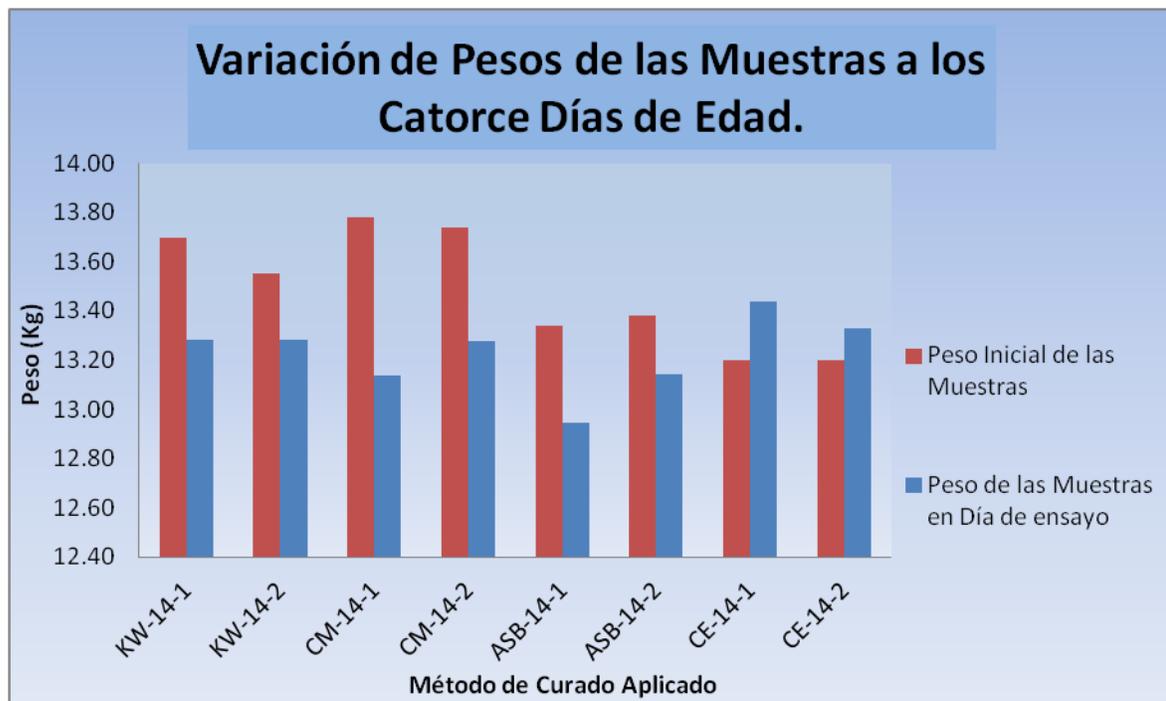


Gráfico 1. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 14 días.

En la tabla 11 encontramos los datos obtenidos de los pesos de las muestras a los 21 días de edad, donde podemos ver que la mayor pérdida de agua se dio siempre en el curador CM (Curamax) como en los casos anteriores, seguido del Kurez vox White y el Antisol blanco con la menor pérdida de peso de las muestras.

En el caso del curado estándar podemos observar que el incremento del peso fue considerable, lo que nos lleva a concluir en este caso que las muestras presentaron una porosidad mayor que las otras con el mismo proceso de curado, lo que influyó en esta absorción por parte de las muestras.

Tabla 12. Pesos Iniciales y Finales a los 21 días.

Cilindro No	Muestra	Fecha en que se tomó el peso inicial	Fecha de Realización de Ensaye.	Diferencia de Días.	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Reducción de peso (kg)	% de Reducción de Peso.
17	KW-21-1	14/04/2014	05/05/2014	7	13.70	13.4252	0.27	2.01
18	KW-21-2				13.73	13.4758	0.25	1.85
19	CM-21-1				13.68	13.3815	0.30	2.18
20	CM-21-2				13.70	13.4968	0.20	1.48
21	ASB-21-1				13.84	13.5783	0.26	1.89
22	ASB-21-2				13.82	13.571	0.25	1.80
23	CE-21-1				13.20	13.7225	-0.52	-3.96
24	CE-21-2				13.18	13.7933	-0.61	-4.65



Gráfico 2. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 21 días.

La tabla 12 muestra los datos de los pesos en el último periodo de prueba, es decir a los 28 días de edad de las muestras.

En este periodo los valores de pérdida más grande que se obtuvieron, pertenecen al Kurez vox White con una pérdida máxima de 2.16% seguido del CM

(Curamax), aunque la diferencia entre ambos no es mucha y el Antisol blanco que presenta una reducción de peso baja en relación a los otros materiales de curado.

Tabla 13. Pesos Iniciales y Finales a los 28 días.

Cilindro No	Muestra	Fecha en que se tomó el peso inicial	Fecha de Realización de Ensaye.	Diferencia de Días	Peso Inicial del cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Diferencia de Peso (kg)	% de Reducción de Peso
25	KW-28-1	14/04/2014	12/05/2014	7	13.80	13.5021	0.30	2.16
26	KW-28-2				13.70	13.4134	0.29	2.09
27	CM-28-1				13.74	13.4982	0.24	1.76
28	CM-28-2				13.74	13.4742	0.27	1.93
29	ASB-28-1				13.56	13.5142	0.05	0.34
30	ASB-28-2				13.56	13.4893	0.07	0.52
31	CE-28-1				13.18	13.7976	-0.62	-4.69
32	CE-28-2				13.19	13.756	-0.57	-4.29



Gráfico 3. Comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras a los 28 días.

4.3 Retención de agua de las membranas a las 72 horas según ASTM C156.

Según la norma ASTM C156 las membranas de curado o los compuestos de curado tienen que cumplir una retención mínima de agua en las primeras 72 horas para garantizar la correcta hidratación del concreto y contrarrestar el secado

prematureo causado por las condiciones ambientales que se presentan tales como velocidad del viento, temperatura del concreto, humedad relativa etc.

En los resultados obtenidos y los cálculos realizados para determinar esta retención se obtuvo lo siguiente.

Tabla 14. Datos de los pesos de las muestras y la pérdida de humedad a las 72 horas.

Cilindro No	Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Perdida a las 72 horas (Kg)
1	24/04/2014	KW-7-1	13.68	130.747	0.26
2		KW-7-2	13.67	132.094	0.20
3		CM-7-1	13.76	129.415	0.35
4		CM-7-2	13.75	129.929	0.32
5		ASB-7-1	13.38	132.586	0.05
6		ASB-7-2	13.48	134.287	0.02
7		CE-7-1	13.28	133.468	-0.03
8		CE-7-2	13.26	133.938	-0.06

4.4 Determinación de la tasa de evaporación a partir de datos meteorológicos.

Para determinar la tasa de evaporación que de agua en las muestras al momento de realizar el llenado de las muestras, se utilizó el nomograma que depende de parámetros climatológicos como son la temperatura del aire, humedad relativa, temperatura del concreto y velocidad del viento.

Los valores de los datos anteriores a excepción de la temperatura del concreto son valores obtenidos de la estación meteorológica del aeropuerto Augusto Cesar

Sandino el día de realización de las muestras. En el caso de la temperatura del concreto se tomó con termómetro digital.

Para la determinación de esta evaporación los datos registrados son los siguientes:

Tabla 15. Datos climatológicos el día de la construcción de las muestras de concreto.

Parámetro.	Unidad de Medida.	Valor.
Temperatura del Aire.	0C (Grados Celsius)	35.2
Humedad Relativa.	% (Porcentaje)	59
Temperatura del Concreto.	0C (Grados Celsius)	30
Velocidad del Viento.	Km/H	0.36

Con estos valores es posible determinar la estimación de la tasa de evaporación y a continuación se presenta el valor obtenido en este estudio.

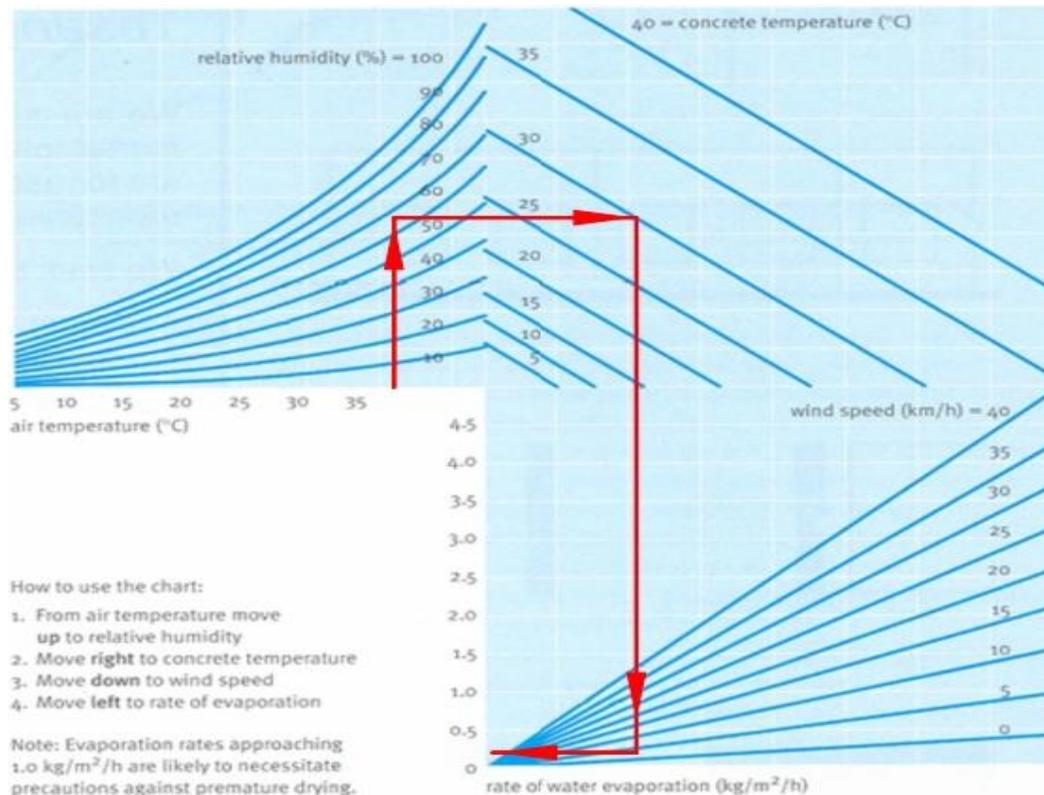


Gráfico3. Determinación gráfica de la tasa de evaporación el día que se construyeron las muestras de concreto.

El resultado obtenido corresponde a un valor de $0.24 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, valor que está por debajo del valor donde estas condiciones son críticas para el secado prematuro del concreto.

Según los datos registrados lo que corresponde a la velocidad del viento es notorio que es un valor bajo, lo que hace que al ponerse en contacto con la superficie del concreto, la humedad de este no se evapora con facilidad.

Por otro lado la humedad relativa está por debajo del 80%, valor que según el ACI es el valor de humedad mínima para que la evaporación en el concreto no sea excesiva. Valores inferiores a este las condiciones son desfavorables para el concreto. En el caso de la humedad relativa presente el día de la realización de las muestras de este trabajo, resultó ser de 59%, lo que indica que este parámetro estaba muy por debajo del valor que se estipula en el ACI como un valor óptimo.

En lo que respecta en la temperatura del concreto, se puede decir que el valor obtenido es un valor aceptable donde no se generó calor excesivo que puede consumir la cantidad de agua en los poros, haciendo una hidratación en las partículas de cemento, de modo que se complete la reacción química para el buen desarrollo de las propiedades del concreto en estado endurecido.

4.5 Análisis de las pruebas de Compresión.

Las siguientes tablas y gráficos reflejan los resultados de las pruebas de compresión de cada muestra con curados diferentes.

4.5.1 Resultados obtenidos con membrana Kurez Box White.

Los resultados obtenidos reflejan que la resistencia obtenida los primeros siete días sobre pasa el porcentaje aceptable que nos demanda el ACI como es un porcentaje de 60%, obteniendo en las pruebas a los siete días el 87.74%, es decir un 27.74% más de lo que se esperaba obtener.

Tabla 16. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión con Membrana Kurez Vox White a los 7, 14, 21 y 28 días.

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación de esbeltez	Área del cilindro (cm ²)	Carga Aplicada (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia promedio (Kg/cm ²)	% de resistencia obtenida
Kvw 7-1	15.2	29.6	1.95	181.46	510	286.50	307.10	87.74
Kvw 7-2	15.15	29.85	1.97	180.27	579.5	327.69		
Kvw 14-1	15.1	29.4	1.95	179.08	466	265.26	339.83	96.93
Kvw 14-2	15.1	29.7	1.97	179.08	728	414.40		
Kvw 21-1	15.2	29.8	1.96	181.46	600	337.06	339.26	97.09
Kvw 21-2	15.15	29.35	1.94	180.27	612	346.07		
Kvw 28-1	15.13	30.4	2.01	179.79	504	285.76	341.57	97.59
Kvw 28-2	15.1	29.5	1.95	179.08	690	392.77		

Siguiendo con la secuencia de días de ensayo, podemos ver que a los 14 días el aumento de la resistencia no varió tanto, alcanzando un aumento de 9.09% con el que se alcanzó una resistencia de 96.93%

El resultado de las pruebas de compresión a los 21 días resultó con un pequeño aumento de 0.16% alcanzando una resistencia de 339.26 kg/cm². Muy cerca de la resistencia de diseño o requerida (340 kg/cm²). El último resultado obtenido a los 28 días muestran que no se alcanzó el 100% de la resistencia requerida pero que estuvo solo un 2.41% por debajo de la resistencia especificada y aunque no se alcanzó este valor máximo, se puede concluir que el desarrollo de la resistencia fue satisfactorio con la aplicación de la membrana de curado Kurez Vox White que consiguió el 97.59% de la resistencia requerida.



Gráfico 4. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días. Kurez Vox

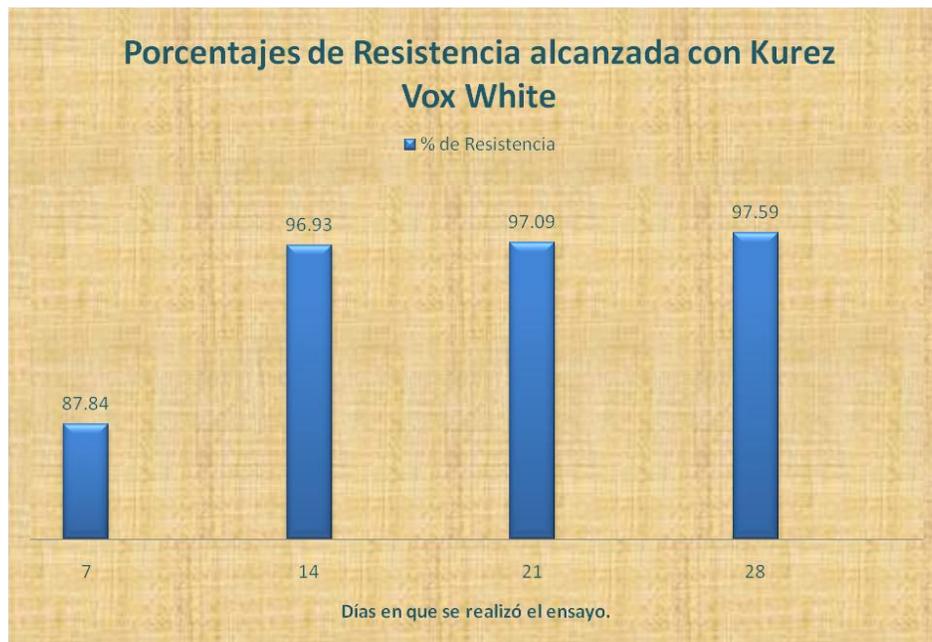


Gráfico 5. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Kurez Vox

4.5.2 Resultados obtenidos con Curamax (Curador que no forma membrana).

El curador CM (Curamax), es un material que se caracteriza por ser un líquido compuesto de curado que no forma membrana, es decir crea una película alrededor de la superficie del concreto pero sin formar la membrana viscosa como lo son en los demás casos.

La siguiente tabla muestra los resultados de las resistencias de las muestras, así como algunas de las características de los especímenes como son sus dimensiones etc.

Analizando la primera resistencia obtenida encontramos que este valor está por encima del valor mínimo que exige el ACI, lo que representa un buen desarrollo de la resistencia en el periodo de siete días expuestos al ambiente y curado con Curamax.

Así mismo el desarrollo de la resistencia que se obtuvo a los 14 días fue satisfactoria ya que se logró alcanzar un porcentaje de 107.5%, es decir sobre pasó la resistencia de diseño un 7.5%, lo que se debe a la dosificación usada que está bajo la norma del ACI que propone un incremento de 80 kg/cm² de sobre diseño como factor de seguridad. Aun teniendo en cuenta este factor de seguridad, no es suficiente para alcanzar la resistencia deseada ya que sin la humedad necesaria el cemento aunque esté por encima de lo necesario, no fraguara correctamente afectando el desarrollo de la resistencia.

Tabla 17. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión con Curamax a los 7, 14, 21 y 28 días.

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación de esbeltez	Área del cilindro (cm ²)	Carga Aplicada (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia promedio (Kg/cm ²)	% de resistencia obtenida
CM 7-1	15.2	29	1.91	181.46	552	310.09	288.19	82.34
CM 7-2	15.2	29.2	1.92	181.46	474	266.28		
CM 14-1	15.1	29.75	1.97	179.08	708	403.01	376.26	107.50
CM 14-2	15.1	29.9	1.98	179.08	614	349.51		
CM 21-1	15.05	30.05	2.00	177.89	626	358.71	379.91	108.55
CM 21-2	15.05	29.9	1.99	177.89	700	401.11		
CM 28-1	15.1	29.35	1.94	179.08	708	403.01	421.23	120.35
CM 28-2	15.1	29.55	1.96	179.08	772	439.45		

La resistencia de las muestras a los 21 días presentó un incremento no tan elevado con respecto a la resistencia a los 14 días, pero cabe señalar que la resistencia obtenida sobrepasó el 100% de la resistencia requerida en un 8.55%.

El último resultado de las pruebas de compresión donde se aplicó Curamax, es un valor que nos dice que el desarrollo de la resistencia a la compresión fue satisfactorio ya que el resultado es una resistencia de 421.23 kg/cm², que significa un 120.35%, 20.35% más de la resistencia requerida.

Con los datos obtenidos podemos ver que el desarrollo de la resistencia en el transcurso de los días no se vio afectado y logró incrementarse aun más de lo esperado. Y como es de saber la resistencia depende de las condiciones de humedad interna que posea el concreto, en otras palabras el usar Curamax como método de mantención de la humedad resulta ser efectivo para que el concreto desarrolle su resistencia.

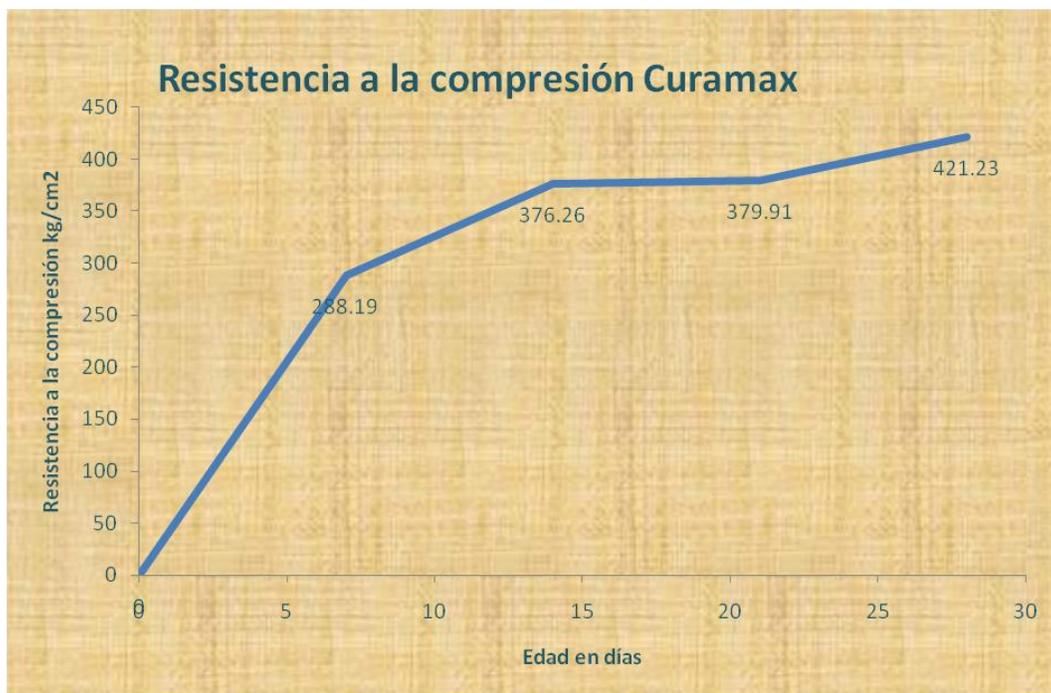


Gráfico 6. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días. Curamax



Gráfico 7. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Curamax.

4.5.3 Resultados obtenidos con Antisol Blanco.

La resistencia obtenida en el primer periodo de prueba, es decir, a los siete días, alcanzó un 94.81% de la resistencia requerida, lo que indica que los primeros días el desarrollo de esta propiedad no se interrumpió por los factores ambientales, en otras palabras la resistencia se desarrollo casi al 100% en los primeros días, con lo que se puede ver que el método de curado implementado aseguró la hidratación del concreto para llegar a este resultado.

La resistencia obtenida a los 14 días de edad de estas muestras sobre pasó el 100% de la resistencia requerida en un 1.81% y a los 21 días se llegó a una resistencia de 113.82% y por último la resistencia máxima obtenida a los 28 días fue de 119.485 lo que es un resultado que aprueba que se alcanzó aun más de lo esperado utilizando el curador formador de membrana Antisol Blanco.

Tabla 18. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión con Membrana Antisol Blanco a los 7, 14, 21 y 28 días.

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación de esbeltez	Área del cilindro (cm ²)	Carga Aplicada (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia promedio (Kg/cm ²)	% de resistencia obtenida
AB 7-1	15.4	29.8	1.95	186.26	619	338.76	331.83	94.81
AB 7-2	15.3	30.45	1.94	183.85	586	324.90		
AB 14-1	15.15	29.25	1.93	180.27	648	366.43	356.54	101.81
AB 14-2	15.12	29.95	1.98	179.55	758	430.34		
AB 21-1	15.1	29.85	1.98	179.08	606	344.95	398.38	113.82
AB 21-2	15.1	30.15	2.00	179.08	646	367.72		
AB 28-1	15.13	29.5	1.95	179.79	700	396.88	418.16	119.48
AB 28-2	15.1	29.35	1.94	179.08	772	439.45		



Gráfico 8. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días. Antisol Blanco.

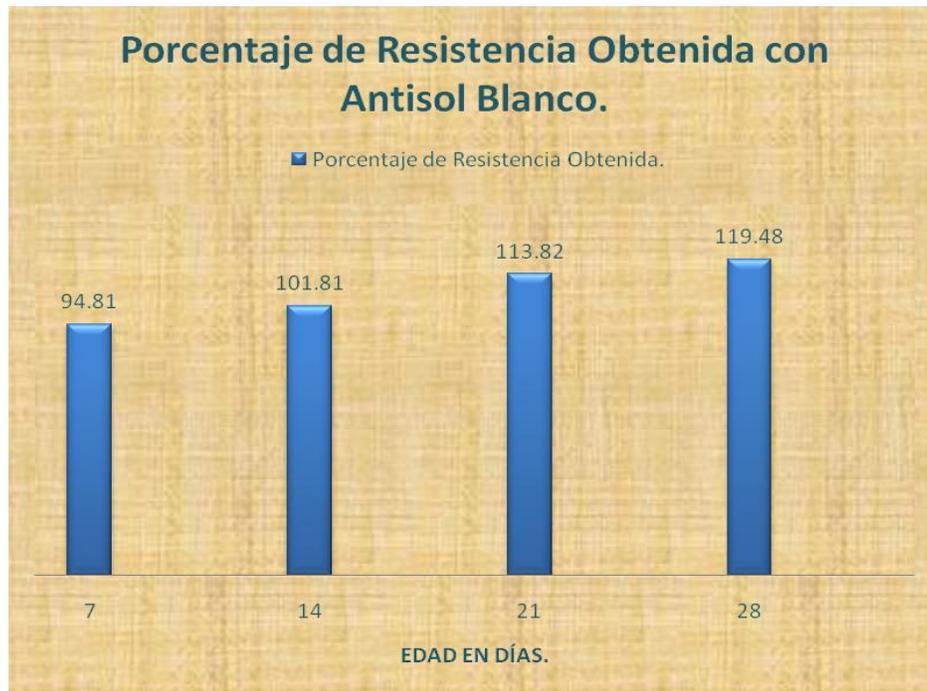


Gráfico 9. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Antisol Blanco.

4.5.4 Resultados obtenidos con Curado Húmedo (CE).

El método de curado estándar se sabe que es la permanencia constante del concreto en agua. Las muestras curadas con este método se mantuvieron saturadas en una pila de concreto y en la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos.

Los ensayos para las muestras que tenían 7 días de edad nos dice que se alcanzó una resistencia de 89.59%, al igual que las muestras anteriores sobrepasó lo que nos dice la norma del ACI.

A los 14 días de edad, las muestras presentaron valores cercanos al 100% de la resistencia requerida, esto nos refleja un desarrollo satisfactorio de la resistencia en un periodo corto de tiempo. Seguidamente a los 21 días se realizaron los ensayos correspondientes, y desde aquí podemos ver que en este periodo la resistencia requerida ya se había alcanzado y todavía un poco por encima del valor propuesto, es decir 1.95% más de la resistencia requerida. La resistencia máxima alcanzada con el curado húmedo corresponde a un 118.27%

lo que indica que la resistencia se desarrollo como se esperaba en cada periodo hasta llegar a este valor que sobre pasa los valores que se plantearon alcanzar en el diseño.

Tabla 8. Desarrollo de la Resistencia a la Compresión con el curado húmedo a los 7, 14, 21 y 28 días.

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación de esbeltez	Área del cilindro (cm ²)	Carga Aplicada (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia promedio (Kg/cm ²)	% de resistencia obtenida
CE 7-1	15.3	29.85	1.91	183.85	562	311.60	313.57	89.59
CE 7-2	15.15	29.85	1.92	180.27	558	315.54		
CE 14-1	15	29.9	1.99	176.71	556	306.25	349.34	99.81
CE 14-2	15.4	29.25	1.90	186.26	718	392.44		
CE 21-1	15.1	29.45	1.95	179.08	538	320.73	356.83	101.95
CE 21-2	15.15	29.5	1.95	180.27	694	392.94		
CE 28-1	15.15	29.85	1.97	180.27	788	445.60	413.93	118.27
CE 28-2	15.15	29.85	1.97	180.27	676	382.26		



Gráfico 10. Desarrollo de la Resistencia a la compresión cada siete días Curado Estándar.

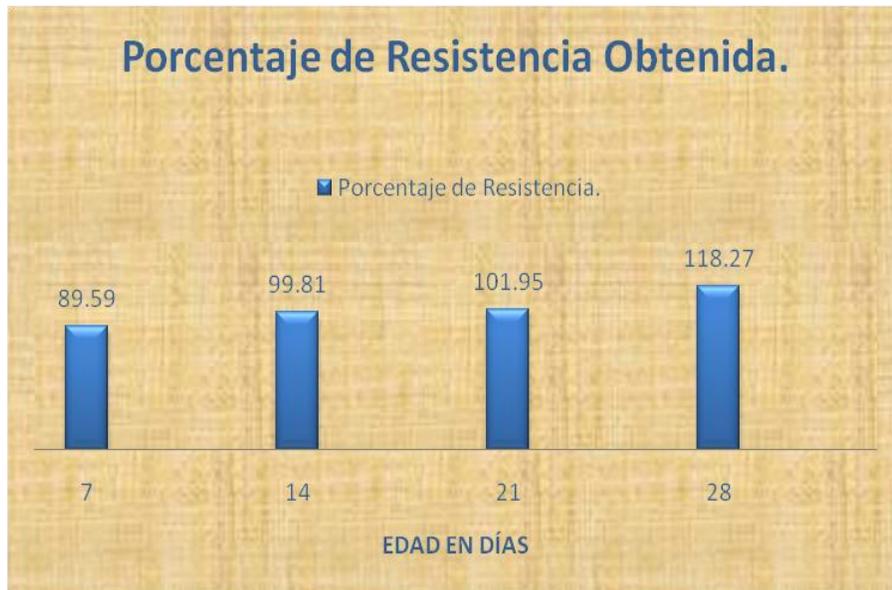


Gráfico 11. Porcentaje de Resistencia Alcanzado en cada periodo. Curado Estándar.

4.6 Superposición de resultados de resistencias obtenidas con los diferentes curados.

La siguiente grafica muestra el desarrollo de la resistencia de las muestras a los 7, 14, 21 y 28 días, con las cuatro formas de curado aplicadas durante los ensayos.

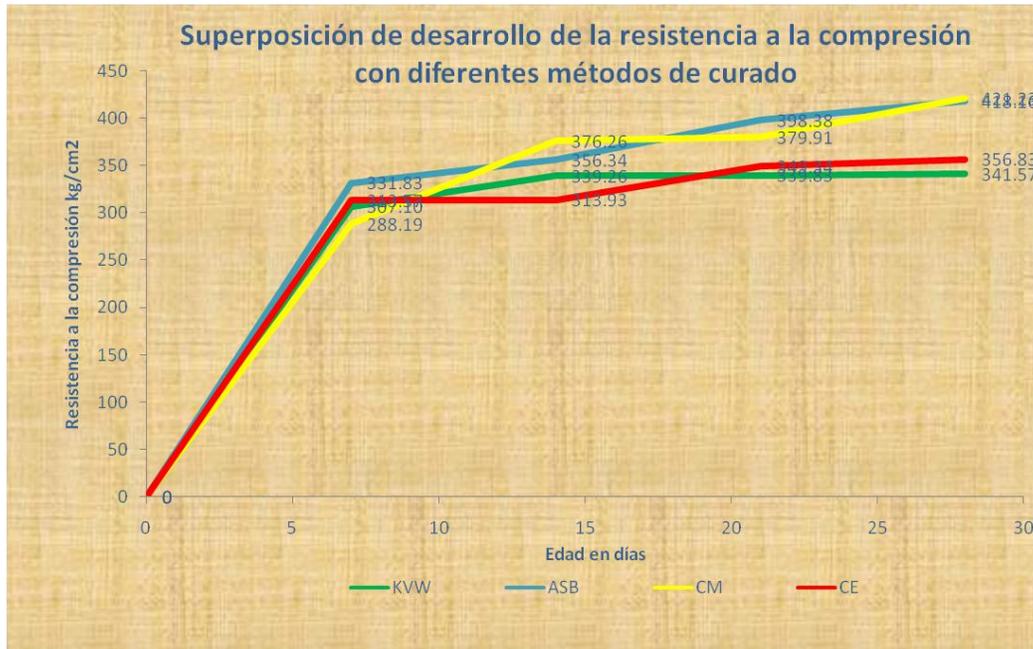


Gráfico 12. Superposición de desarrollo de resistencias de cada método de curado implementado. Curamax obtiene la máxima resistencia al cabo de los 28 días.

Al realizar esta comparación de los métodos de curado usados en las muestras hechas con concreto de la misma dosificación y materiales, nos refleja que a los primeros siete días el producto Antisol Blanco obtuvo el mayor valor de resistencia, seguido de las muestras curadas de manera estándar (es decir curado en agua los 28 días).

El Curamax y Kurez vox White presentaron las resistencias más bajas a los primeros días pero esto no quiere decir que la resistencia no se desarrollo adecuadamente.

4.7 Comportamiento de la resistencia del concreto con la influencia de factores ambientales.

4.7.1 Curador Curamax.

Según el ACI el concreto estará seguro de la pérdida de agua prematura cuando la humedad relativa este por encima del 80%. En este estudio se tomó la humedad relativa detectada por la estación meteorológica del aeropuerto Augusto César Sandino, durante los días de ensayo para conocer las condiciones a las que estaban sometidas las muestras de concreto y ver cómo influyen en el comportamiento del concreto.

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos de la humedad relativa los días de ensaye.

Tabla 9. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Curador Curamax.

Muestra	Fecha de Ensaye.	Edad (Días)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiente (0 C)	Velocidad del Viento (Km/h)	Resistencia (Kg/cm2)
KVW 7-1	21/04/2014	7	56	36.7	0.48	288.19
KVW 7-2						
KVW 7-14	28/04/2014	14	61	37.3	0.42	376.26
KVW 7-14						
KVW 7-21	05/05/2014	21	60	35.3	0.48	379.91
KVW 7-21						
KVW 7-28	12/05/2014	28	67	34.6	0.54	421.23
KVW 7-28						

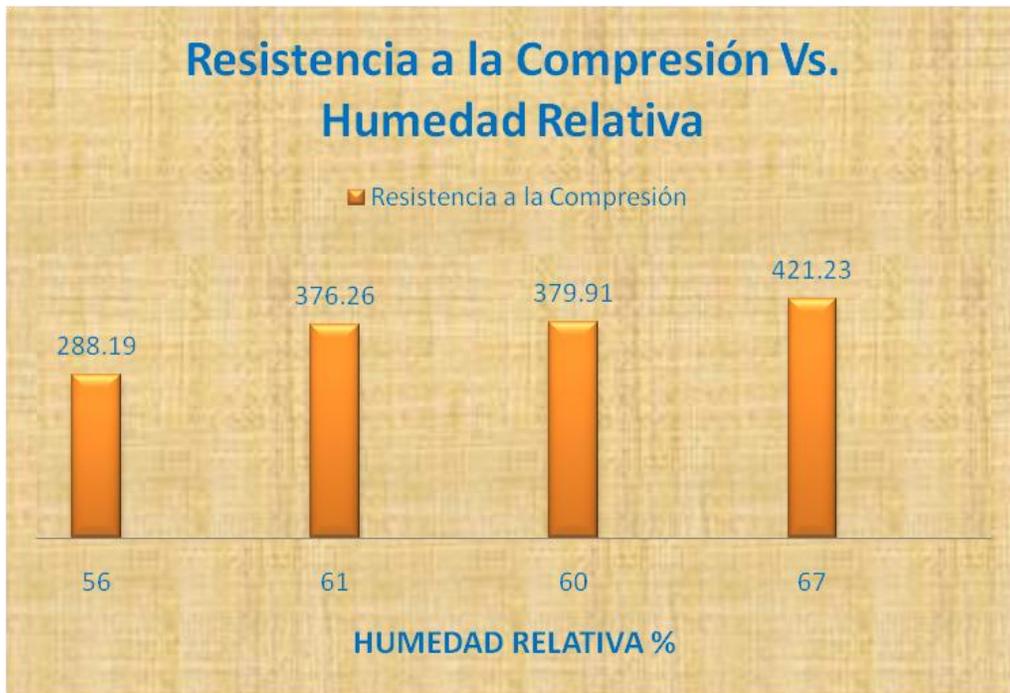


Gráfico 13. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado con

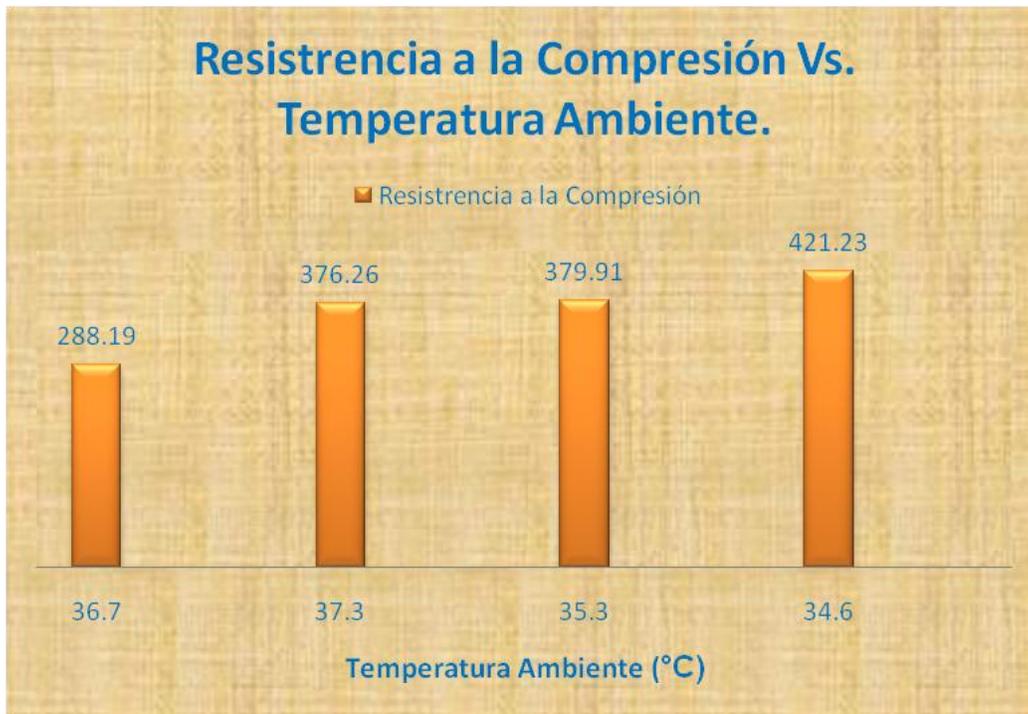


Gráfico 14. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Curamax.

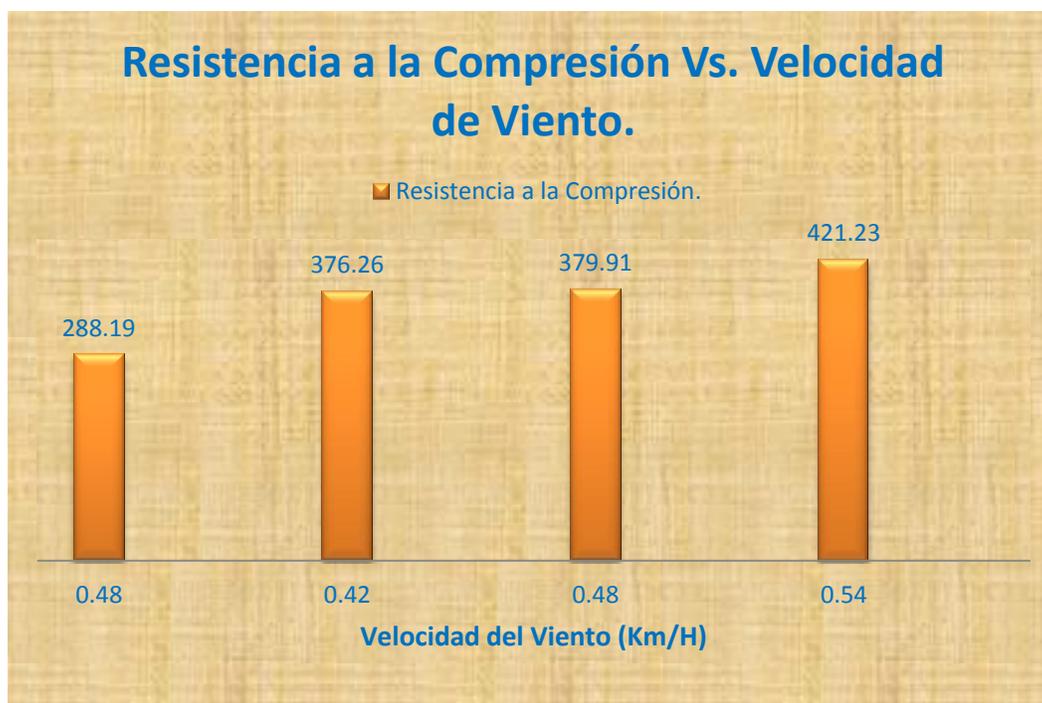


Gráfico 15. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Curamax.

4.7.2 Comportamiento con Kurez Vox White.

Tabla 10. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Membrana Kurez Vox White.

Muestra	Fecha de Ensaye.	Edad (Días)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiente (0 C)	Velocidad del Viento (Km/h)	Resistencia (Kg/cm ²)
KVW 7-1	21/04/2014	7	56	36.7	0.48	307.10
KVW 7-2						
KVW 7-14	28/04/2014	14	61	37.3	0.42	339.26
KVW 7-14						
KVW 7-21	05/05/2014	21	60	35.3	0.48	339.83
KVW 7-21						
KVW 7-28	12/05/2014	28	67	34.6	0.54	341.57
KVW 7-28						

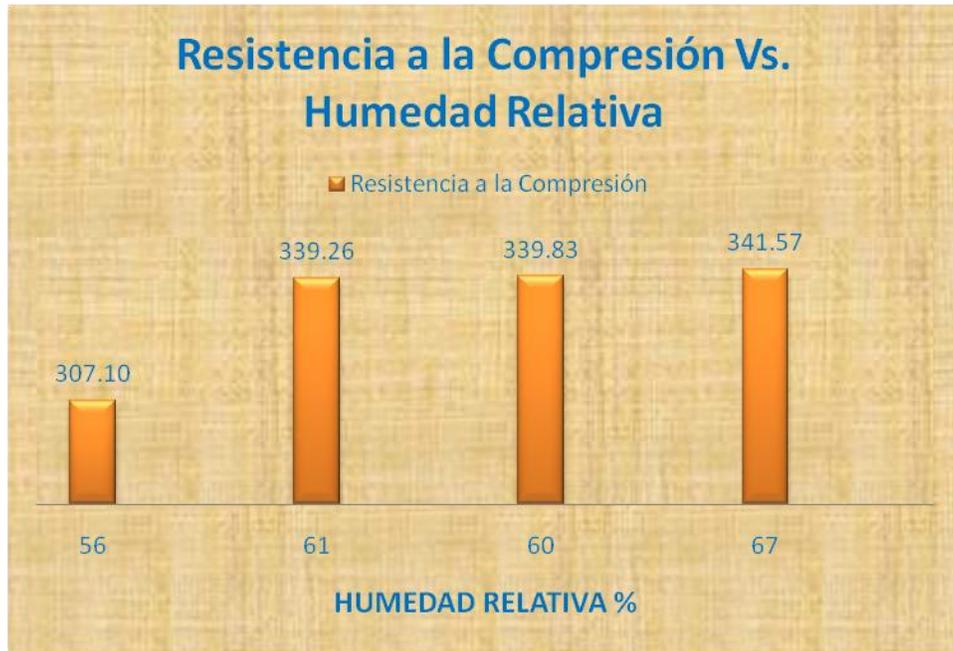


Gráfico 16. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Kurez Vox White.

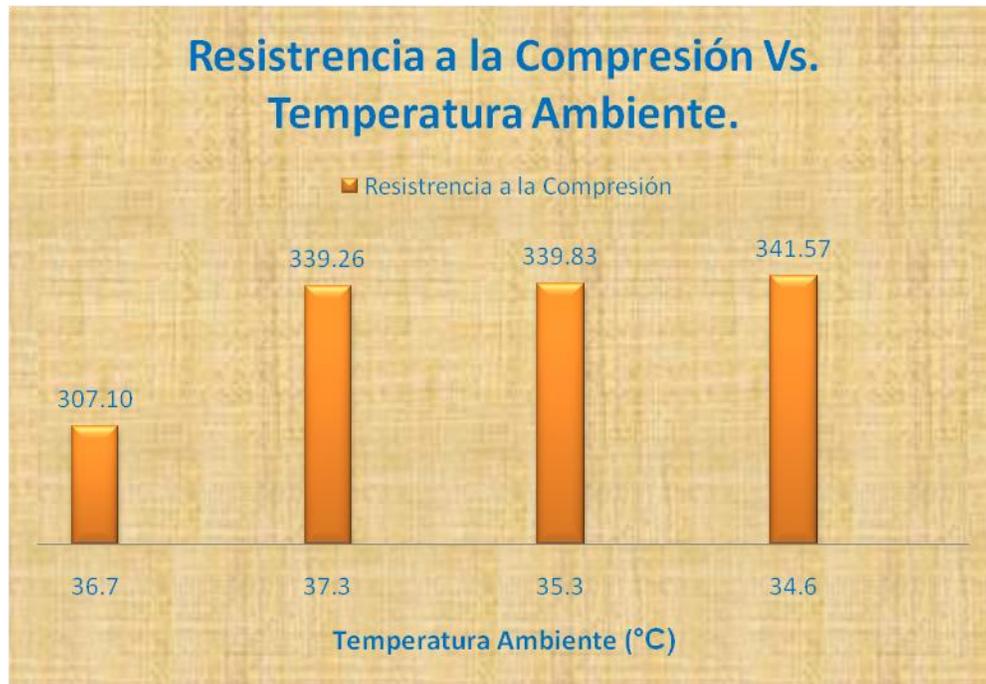


Gráfico 17. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Kurez Vox White.



Gráfico 18. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Kurez Vox White.

4.7.3 Comportamiento con Antisol Blanco.

Tabla 11. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Membrana Antisol Blanco.

Muestra	Fecha de Ensaye.	Edad (Días)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiente (0 C)	Velocidad del Viento (Km/h)	Resistencia (Kg/cm2)
ASB 7-1	21/04/2014	7	56	36.7	0.48	331.83
ASB 7-2						
ASB 7-14	28/04/2014	14	61	37.3	0.42	356.54
ASB 7-14						
ASB 7-21	05/05/2014	21	60	35.3	0.48	398.38
ASB 7-21						
ASB 7-28	12/05/2014	28	67	34.6	0.54	418.16
ASB 7-28						

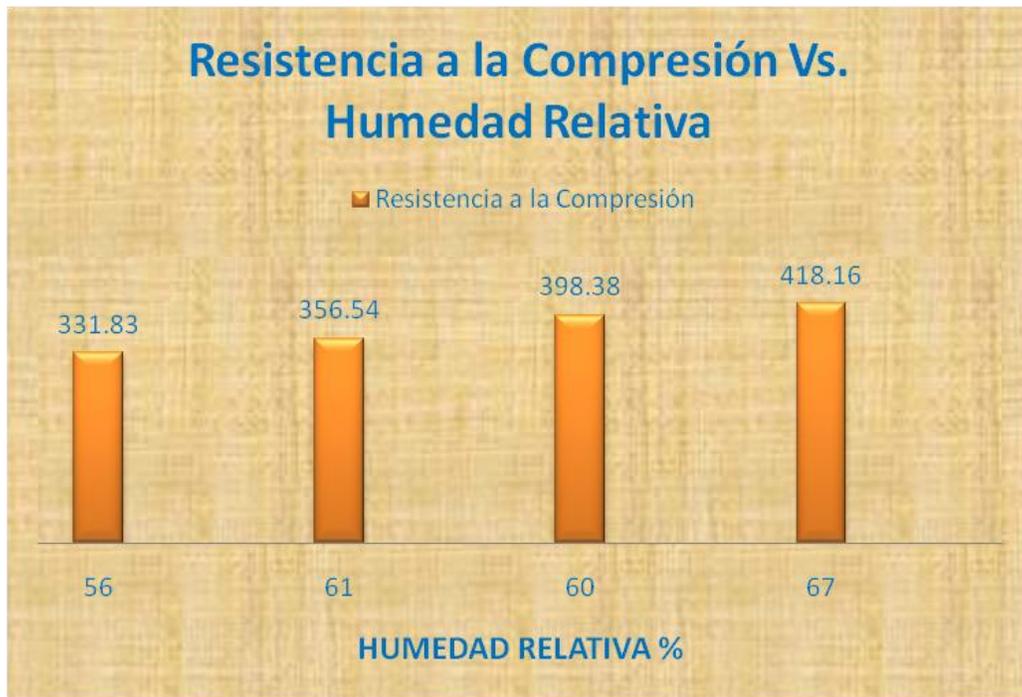


Gráfico 19. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Antisol

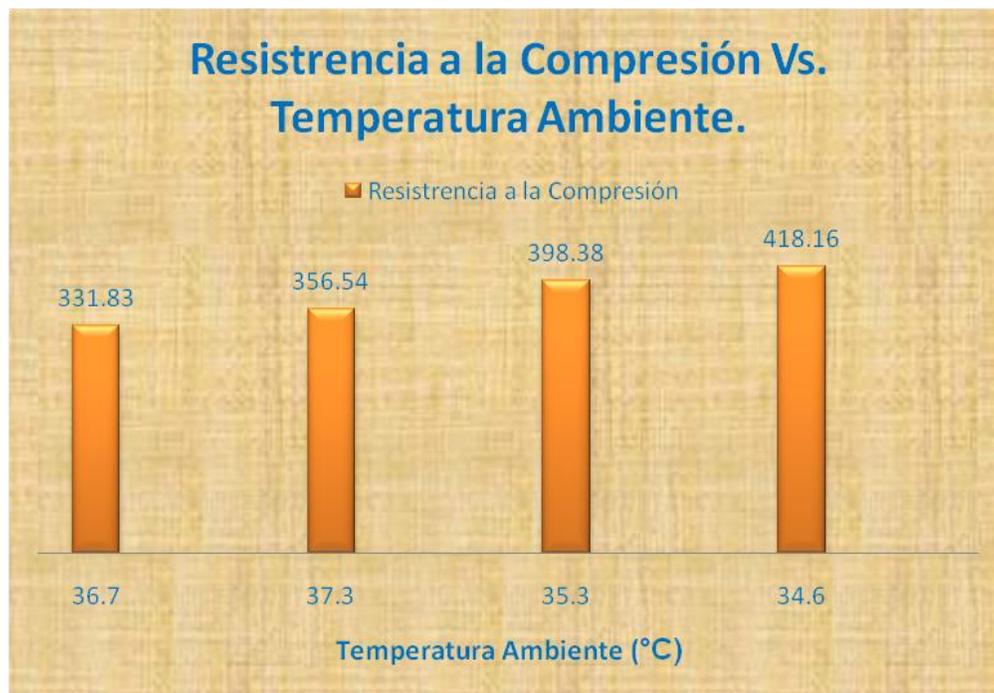


Gráfico 20. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Antisol Blanco.

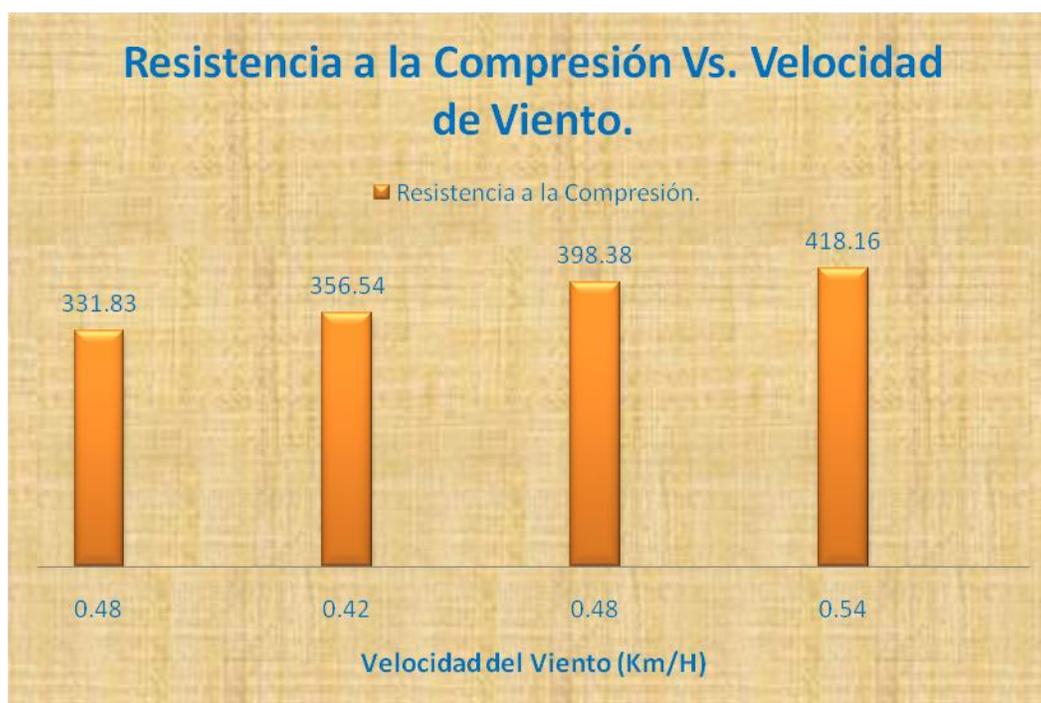


Gráfico 21. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado con Antisol Blanco.

4.7.4 Comportamiento con el Curado Estándar.

Tabla 12. Comportamiento del desarrollo de la resistencia con factores ambientales con Curado Estándar.

Muestra	Fecha de Ensaye.	Edad (Días)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiente (0 C)	Velocidad del Viento (Km/h)	Resistencia (Kg/cm ²)
CE 7-1	21/04/2014	7	56	36.7	0.48	313.57
CE 7-2						
CE 14-1	28/04/2014	14	61	37.3	0.42	349.34
CE 14-2						
CE 21-1	05/05/2014	21	60	35.3	0.48	356.83
CE 21-2						
CE 28-1	12/05/2014	28	67	34.6	0.54	413.93
CE 28-2						

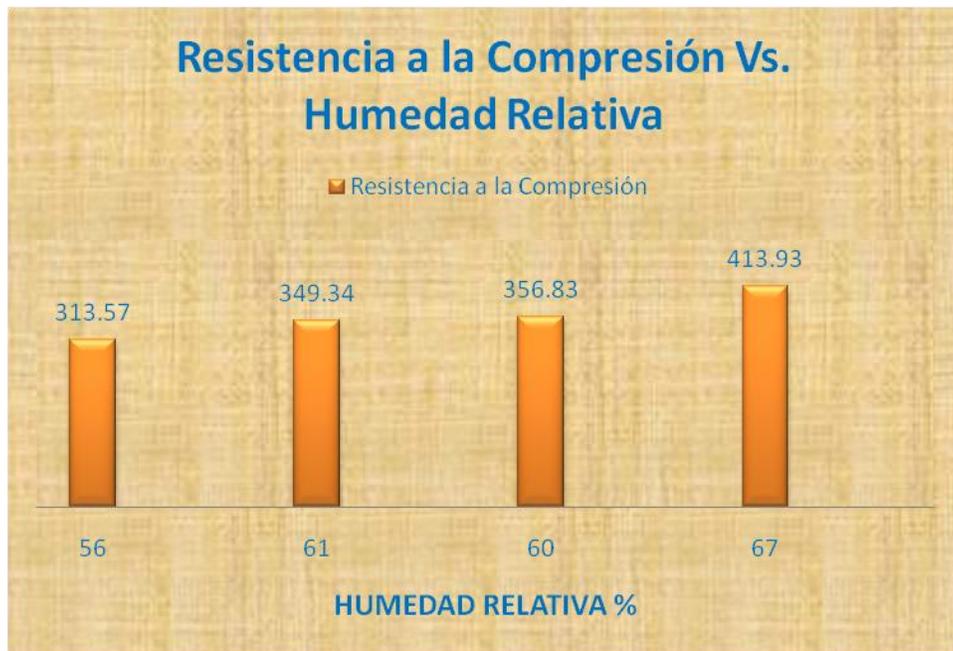


Gráfico 22. Humedad relativa Vs Resistencia a la Compresión. Curado Estándar.

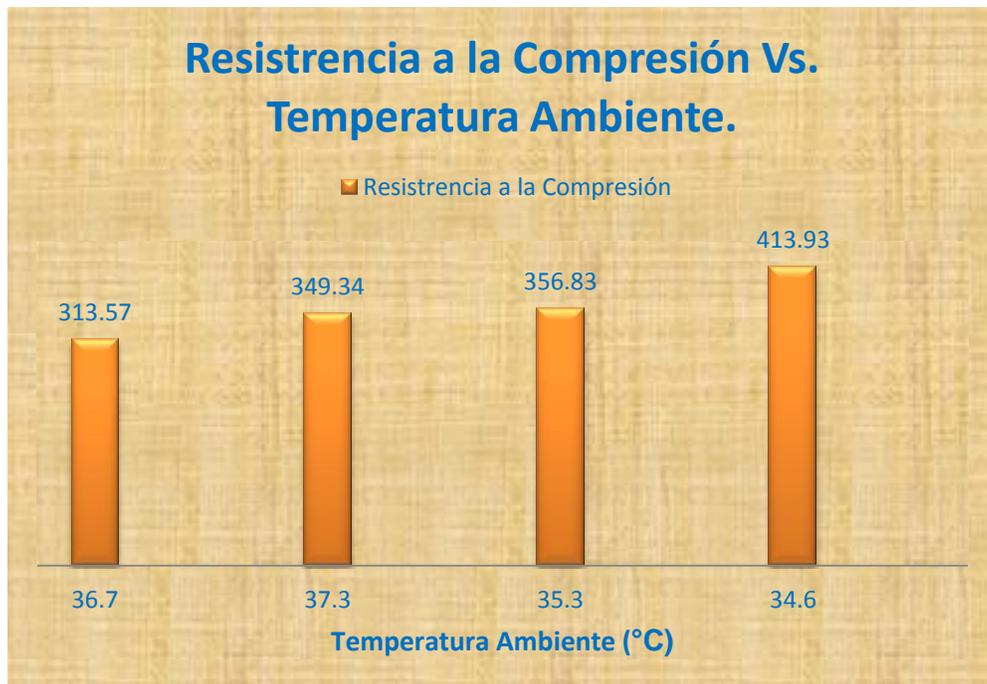


Gráfico 23. Temperatura Ambiente Vs Resistencia a la Compresión. Curado Estándar.

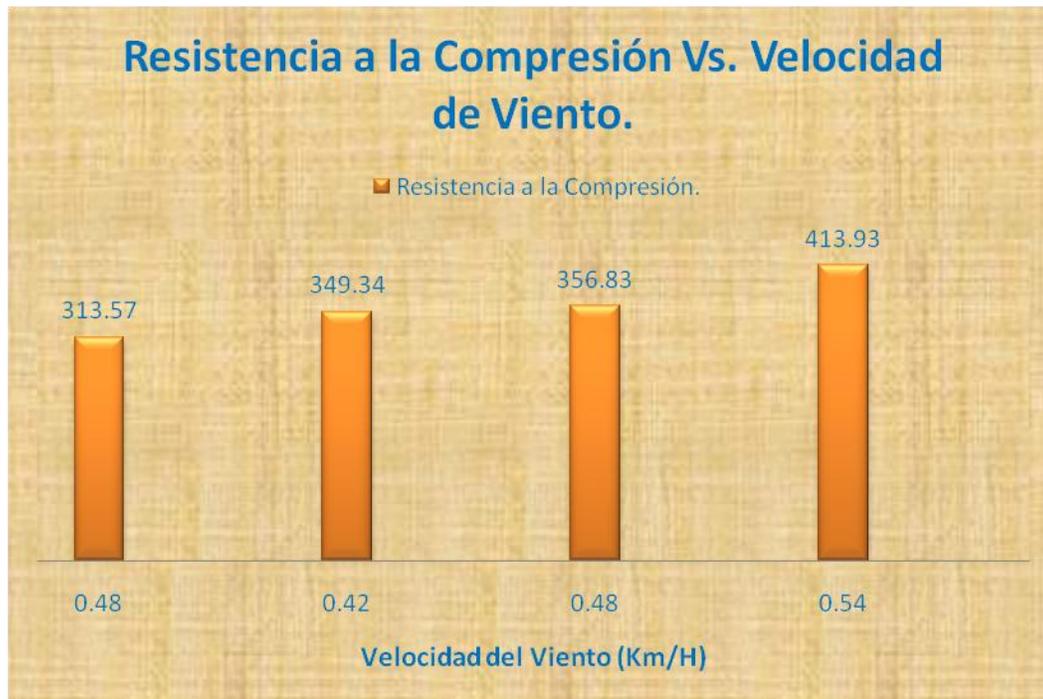


Gráfico 24. Velocidad del Viento Vs Resistencia a la Compresión. Curado Estándar.

4.8 Consolidado de datos obtenidos de los ensayos realizados.

A continuación se presentan los datos generales obtenidos de las pruebas realizadas a las muestras de concreto según el día de realización de los ensayos de preparación de muestra y pruebas de compresión.

En las siguientes tablas se plasmaron los datos por cada periodo de prueba y también se identifican las muestras según el tipo de curador que se empleó, así también se reflejan los resultados finales de cada muestra.

Tabla 13. Datos de muestras de concreto a los 7 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Revenimientos Obtenidos (pulg)	Relación altura/diámetro de los cilindros	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Peso Promedio de Cilindros (kg)	Diferencia de peso (kg)	% de reducción de peso.	Área del Cilindro (cm ²)
	KW-7-1	5	1.95	13.68	130.747	13.38	0.6053	4.42	181.46
	KW-7-2	6.5	1.97	13.67	132.094	13.44	0.4606	3.37	180.27
	CM-7-1	6.5	1.91	13.76	129.415	13.35	0.8185	5.95	181.46
	CM-7-2	6.66	1.92	13.75	129.929	13.37	0.7571	5.51	181.46
21/04/2012	ASB-7-1	6	1.94	13.38	132.586	13.32	0.1214	0.91	186.26
	ASB-7-2	5.66	1.99	13.48	134.287	13.45	0.0513	0.38	183.85
	CE-7-1	6.5	1.91	13.28	133.468	13.31	-0.0668	-0.50	183.85
	CE-7-2	5	1.92	13.26	133.938	13.33	-0.1338	-1.01	180.27

Tabla 14. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 7 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Promedio(kg/cm ²)	% de resistencia obtenida	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Peso Volumétrico Inicial (kg/cm ³)	Peso Volumétrico Final (kg/cm ³)	Peso volumétrico Promedio (kg/cm ³)	Diferencia de Peso (Kg/m ³)	% de Variación de peso.
	KW-7-1	510	286.50	307.10	87.74	286.50	2546.93	2434.24	2490.59	112.69	4.42
	KW-7-2	579.5	327.69			327.69	2540.44	2454.84	2497.64	85.60	3.37
	CM-7-1	552	310.09	288.19	82.34	310.09	2614.83	2459.29	2537.06	155.54	5.95
	CM-7-2	474	266.28			266.28	2595.03	2452.15	2523.59	142.89	5.51
21/04/2012	ASB-7-1	619	338.76	331.83	94.81	338.76	2410.51	2388.64	2399.57	21.87	0.91
	ASB-7-2	586	324.90			324.90	2407.85	2398.69	2403.27	9.16	0.38
	CE-7-1	562	311.60	313.57	89.59	311.60	2469.45	2481.87	2475.66	-12.42	-0.50
	CE-7-2	558	315.54			315.54	2532.11	2557.66	2544.89	-25.55	-1.01



Tabla 15. Datos de muestras de concreto a los 14 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Diámetro	Altura (cm)	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Peso Promedio de Cilindros (kg)	Diferencia de peso (kg)	% de reducción de peso.	Área del Cilindro (cm ²)
		(cm)							
	KW-14-1	15.1	29.4	13.70	132.807	13.49	0.4193	3.06	179.08
	KW-14-2	15.1	29.7	13.55	132.804	13.42	0.2696	1.99	179.08
	CM-14-1	15.1	29.75	13.78	131.389	13.46	0.6411	4.65	179.08
	CM-14-2	15.1	29.9	13.74	132.754	13.51	0.4646	3.38	179.08
28/05/2012	ASB-14-1	15.15	29.25	13.34	129.461	13.14	0.3939	2.95	180.27
	ASB-14-2	15.12	29.95	13.38	131.399	13.26	0.2401	1.79	179.55
	CE-14-1	15	29.9	13.20	134.392	13.32	-0.2392	-1.81	176.71
	CE-14-2	15.4	29.25	13.20	133.303	13.27	-0.1303	-0.99	186.26

Tabla 16. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 14 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Promedio(kg/cm ²)	% de resistencia obtenida	Peso Volumétrico Inicial (kg/cm ³)	Peso Volumétrico Final (kg/cm ³)	Peso volumétrico Promedio (kg/cm ³)	Diferencia de Peso (kg/m ³)	% de Variación de Peso.
28/05/2012	KW-14-1	466	265.26	339.83	97.09	2602.14	2522.49	2562.31	79.64	3.06
	KW-14-2	728	414.40			2547.65	2496.96	2522.30	50.69	1.99
	CM-14-1	708	403.01	376.26	107.50	2586.54	2466.20	2526.37	120.34	4.65
	CM-14-2	614	349.51			2566.09	2479.32	2522.71	86.77	3.38
	ASB-14-1	648	366.43	398.38	113.82	2529.97	2455.26	2492.62	74.70	2.95
	ASB-14-2	758	430.34			2488.09	2443.44	2465.77	44.65	1.79
	CE-14-1	556	320.73	356.83	101.95	2498.22	2543.49	2520.86	-45.27	-1.81
	CE-14-2	718	392.94			2422.80	2446.71	2434.76	-23.92	-0.99



Tabla 17. Datos de muestras de concreto a los 21 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Altura (cm)	Diámetro(cm)	Peso Inicial del Cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Peso Promedio de Cilindros (kg)	Diferencia de peso (kg)	% de Reducción de Peso.	Área del Cilindro (cm ²)
05/05/2014	KW-21-1	29.8	15.2	13.70	134.252	13.56	0.27	2.01	181.46
	KW-21-2	29.35	15.15	13.73	134.758	13.60	0.25	1.85	180.27
	CM-21-1	30.05	15.05	13.68	133.815	13.53	0.30	2.18	177.89
	CM-21-2	29.9	15.05	13.70	134.968	13.60	0.20	1.48	177.89
	ASB-21-1	29.85	15.1	13.84	135.783	13.71	0.26	1.89	179.08
	ASB-21-2	30.15	15.1	13.82	13.571	13.70	0.25	1.80	179.08
	CE-21-1	29.45	15.1	13.20	137.225	13.46	-0.52	-3.96	179.08
	CE-21-2	29.5	15.15	13.18	137.933	13.49	-0.61	-4.65	180.27

Tabla 18. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 21 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Promedio(kg/cm ²)	% de resistencia obtenida	Peso Volumétrico Inicial (kg/cm ³)	Peso Volumétrico Final (kg/cm ³)	Peso volumétrico Promedio (kg/cm ³)	Diferencia de Peso (kg/m ³)	% de Variación de Peso
05/05/2014	KW-21-1	600	337.06	341.57	97.59	2533.54	2482.72	2508.13	50.82	2.01
	KW-21-2	612	346.07			2595.06	2547.02	2571.04	48.05	1.85
	CM-21-1	626	358.71	379.91	108.55	2559.05	2503.21	2531.13	55.84	2.18
	CM-21-2	700	401.11			2575.65	2537.45	2556.55	38.20	1.48
	ASB-21-1	606	344.95	356.34	101.81	2589.10	2540.14	2564.62	48.96	1.89
	ASB-21-2	646	367.72			2559.63	2513.51	2536.57	46.12	1.80
	CE-21-1	538	306.25	349.34	99.81	2502.91	2601.98	2552.45	-99.07	-3.96
	CE-21-2	694	392.44			2478.44	2593.77	2536.11	-115.33	-4.65



Tabla 19. Datos de muestras de concreto a los 28 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Código de Muestra	Altura (cm)	Diámetro(cm)	Peso Inicial del cilindro (kg)	Peso Final del Cilindro (kg)	Peso Promedio de Cilindros (kg)	Diferencia de Peso (kg)	% de Reducción de Peso	Área del Cilindro (cm ²)
12/05/214	KW-28-1	30.4	15.13	13.80	135.021	1.365.105	0.2979	2.16	179.79
	KW-28-2	29.5	15.1	13.70	135.021	1.360.105	0.1979	1.44	179.08
	CM-28-1	29.35	15.1	13.74	135.021	1.362.105	0.2379	1.73	179.08
	CM-28-2	29.55	15.1	13.74	135.021	1.362.105	0.2379	1.73	179.08
	ASB-28-1	29.5	15.13	13.56	135.021	1.353.105	0.0579	0.43	179.79
	ASB-28-2	29.35	15.1	13.56	135.021	1.353.105	0.0579	0.43	179.08
	CE-28-1	29.85	15.15	13.18	135.021	1.334.105	-0.3221	-2.44	180.27
	CE-28-2	29.85	15.15	13.19	135.021	1.334.605	-0.3121	-2.37	180.27

Tabla 20. Resultados de prueba a la compresión de muestras a los 28 días de edad.

Fecha de Realización de Ensaye.	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Promedio(kg/cm ²)	% de resistencia obtenida	Peso Volumétrico Inicial (kg/cm ³)	Peso Volumétrico Final (kg/cm ³)	Peso volumétrico Promedio (kg/cm ³)	Diferencia de Peso (Kg)	% de Variación de Peso
12/05/214	504	285.76	339.26	96.93	2524.86	2470.36	2497.61	54.50	2.16
	690	392.77			2593.31	2555.85	2574.58	37.46	1.44
	708	403.01	421.23	120.35	2614.18	2568.92	2591.55	45.26	1.73
	772	439.45			2596.49	2551.53	2574.01	44.96	1.73
	700	396.88	418.16	119.48	2556.64	2545.73	2551.19	10.92	0.43
	772	439.45			2579.93	2568.92	2574.42	11.02	0.43
	788	445.60	413.93	118.27	2449.38	2509.24	2479.31	-59.86	-2.44
	676	382.26			2451.24	2509.24	2480.24	-58.00	-2.37



CAPITULO 5.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

Después de realizar los procedimientos de ensaye y cálculos de las pérdidas de humedad en las muestras y demás aspectos, podemos concluir con lo siguiente:

1. Se construyeron los cilindros para muestras de concreto según las características deseadas, en este caso concreto para losa y se obtuvo que el revenimiento se encuentra en el rango aceptable.
2. A continuación de esto se pesaron las muestras y se procedió a aplicar las membranas de curado y el curador que no forma membrana (Curamax) según las normas ASTM C 192 Y ASTM C 309. Se observó que la superficie de las muestras presentaban agua de sangrado a como era de esperarse y se procedió a proteger la superficie de las muestras con las membranas una vez disminuida el agua de sangrado.
3. Una vez rociada la superficie de las muestras con las membranas se observó que los productos formaron la película de protección para proteger la humedad de las muestras debido a los factores climáticos a excepción de Curamax que no forma membrana y esto se pudo observar en las muestras.
4. Continuando con el proceso de pesado de las muestras y comparados estos valores con los iniciales se pudo determinar la pérdida de agua en el transcurso del tiempo y esta nos indica que la pérdida no sobrepasa el máximo permitido por las normas estandarizadas que equivale a un valor de $0.55 \text{ kg/m}^2/\text{h}$,

lo que determina que las membranas empleadas y además el Curamax cumplieron de buena manera esta exigencia.

5. En el siguiente proceso para determinar la calidad del concreto después de los métodos de curado empleados, se prosiguió a determinar el desarrollo de la resistencia a la compresión en los periodos de 7, 14, 21 y 28 días a como lo establece la norma ASTM C 309. Los porcentajes obtenidos de aumento de la resistencia sobrepasan el 90% de la resistencia deseada. Con esto podemos concluir que la buena hidratación del concreto se dió aun sin usar agua adicional o curado húmedo.

6. El aumento de la resistencia disminuyó en los siguientes días pero se alcanzó una resistencia total del 120% de la resistencia de diseño, lo que nos indica que el concreto elaborado y curado con los métodos antes descritos es de buena calidad estructural y que el curado aplicado influyó en la manera de retener el agua necesaria para el desarrollo de la resistencia.

7. Con estos resultados obtenidos concluimos que los métodos de curado empleados y los productos como tal influyeron de manera que no se necesitó agregar agua a las muestras para que logaran su resistencia máxima. Esto nos dice que los productos de curado aquí empleados cumplen con las normas de calidad y eficiencia que se exige. Sin embargo es necesario confirmar la respuesta de estos productos en otros lugares de nuestro país donde las condiciones ambientales cambian.

5.2. Recomendaciones.

Para profundizar en los métodos de curado se recomienda lo siguiente.

- a. Realizar ensayos de laboratorios en condiciones de climas cambiantes y empleo de diferentes métodos de curado y observar la respuesta de la resistencia del concreto según las condiciones climáticas del lugar.
- b. Realizar estos ensayos utilizando diferentes resistencias de diseño en diferentes mezclas de concreto.
- c. Emplear productos de curado diferentes a los usados en este trabajo, para determinar su influencia en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto estructural.

CAPÍTULO 6

6. Bibliografía.

- A.M Neville, A. M. (1999). *Tenología del concreto*. México: Limusa.
- ACI Standars and Reports. (1991). ACI 305; Hot Weather Concreting.
- Association, N. R. (2008). Agrietamiento por contraccion. *El concreto en la práctica* , 2.
- Blanks, R. M. (1946). Curing concrete with sealing compounds.
- Figueroa, M. F. (2007). *Sistema de Curado Inteermedio*. Chile.
- García, T. H. (1985). Hormigones y morteros sin retraccion . *Revista de Obras Publicas* , 973-996.
- imcyc. (2006). Contraccion por secado del concreto. *El concreto en la Obra* , 8.
- Kenneth W. Meeks, N. J. (1999). *Curing of High-Performance Concrete: Report of the State of the Art*. Washington: National Institute of Standards and Technology.
- Kosmatka, S. (1998). Carateristicas morfologicas de los agregados. En *Concrete Constrution Handbook* (págs. 89-111). New York, NY,USA: V. 4.
- Kristiawan, S. (2006). Shrinkage and Creep of Concrete in Tension and Compression. *CED* , 73-80.
- Neville, A. (s.f.). *Properties of Concrete* . *Pearson Educational Ltd*.
- Power, T. (1948). A discussion of cementhydration in relation to the curing of concrete. En *Highway Research Board*. V. 27.
- Rasheeduzzafar, A.-G. &.-S. (1988). Influence on construction practices on concrete durability.
- Steven H. Kosmatka, B. B. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois.
- Steven H. Kosmatka, B. K. (2004). *Design and control of concrete mixtures*. EE,UU: Portland Cement Association.

ANEXOS

ANEXO1. Tablas de Datos Meteorológicos.

Tabla 21. Humedad relativa media en el municipio de Managua en el año 2013



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /	Código:	69027
Departamento:		Municipio:	MANAGUA
Latitud:	12°08'36"	Longitud:	86°09'49"
Año:	2013	Elevación:	56 msnm
Parámetro:	Humedad Relativa Media (%)	Tipo:	HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Media
1	70	61	59	59	63	79	76	76	84	70
2	68	58	62	58	65	88	78	79	80	71
3	68	62	55	58	72	81	72	80	84	70
4	69	66	48	62	63	77	80	80	80	69
5	70	66	58	64	60	78	84	77	81	71
6	71	66	57	62	56	80	70	80	77	69
7	69	64	50	58	59	78	69	82	81	68
8	68	67	51	58	55	74	73	82	80	68
9	70	64	55	59	58	80	72	87	78	69
10	65	66	62	59	63	86	74	87	78	71
11	71	66	62	58	71	80	82	83	80	73
12	68	70	59	60	60	77	83	80	76	70
13	63	66	57	58	55	75	78	77	74	67
14	72	63	52	59	55	78	74	83	77	68
15	69	62	58	61	55	80	79	88	78	70
16	68	61	63	59	62	76	80	82	80	70
17	64	63	59	57	59	73	78	84	83	69
18	60	63	62	59	61	71	75	83	79	68
19	66	57	60	62	63	73	74	86	80	69
20	63	64	60	64	58	74	77	87	80	70
21	63	66	65	61	67	72	77	87	80	71
22	65	61	65	59	74	76	77	87	79	71
23	64	63	63	58	69	79	82	85	80	71
24	64	64	64	57	73	79	80	80	81	71

Influencia de los métodos de curado en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto.

25	63	65	65	59	70	76	82	82	81	71
26	69	66	59	54	64	72	76	81	79	69
27	68	61	54	56	72	70	77	84	85	70



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /

Código: 69027

Departamento:

Municipio: MANAGUA

Latitud: 12°08'36"

Longitud: 86°09'49"

Año: 2013

Elevación: 56 msnm

Parámetro: Humedad Relativa Media (%)

Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Media
28	66	61	54	60	73	74	74	80	84	70
29	62		59	62	78	84	76	82	83	73
30	65		57	59	72	82	78	80	80	72
31	62		61		80		74		83	72
SUMA	2063	1782	1815	1779	2005	2322	2381	2471	2485	2171
Media	67	64	59	59	65	77	77	82	80	70
Max.	72	70	65	64	80	88	84	88	85	73
Min.	60	57	48	54	55	70	69	76	74	67
Sin dato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 22. Evaporación en el municipio de Managua en el año 2013



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Evaporación de Pana(mm)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1	4.8	11.6	9.6	10.5	9.4	5.2	5	6.7	5.7	4.7	5.7	7.3	86.2
2	9.3	10.6	9.2	11.2	7.6	9	6.2	5	5.2	9.2	6.2	6.7	95.4
3	7.3	8.9	12.1	11.4	6.2	7.7	7.3	5.7	5.6	4.9	6.3	6.4	89.8
4	6.5	7.7	10.7	9.9	9	6.2	3.9	3.6	7.1	6	5.1	7.1	82.8
5	6.6	10.1	10.9	9.6	10.6	3.8	6	3.5	6.8	5.6	6.2	7.2	86.9
6	8.2	9.1	10.9	10.3	8.9	8.9	4.6	6.6	6.8	6.7	5.1	4.8	90.9
7	6.5	9.7	13.4	13	9.1	6.2	7.1	6.9	4.8	7.3	5.5	4.2	93.7
8	9.3	6.5	10.8	10.2	10.5	6.7	7.7	6.6	5	6	5.6	7.2	92.1
9	8.1	9	13.2	12.3	8.8	6	6.7	8.5	3.7	6.3	2.3	4.4	89.3
10	8.4	7.6	12.3	11.7	9.2	0.9	3.5	6.7	3.3	5.8	4.3	6.1	79.8
11	5.3	9.7	11.4	11.4	6	3.7	9.1	3.9	5.3	5.9	3.2	5.9	80.8
12	6.8	9	11.3	10.5	8.6	5.1	4.4	5.3	3.8	6.3	5.6	8.4	85.1
13	8.8	8.8	5.6	12.4	10	6.6	6.8	8.5	7.2	7.5	6.6	8	96.8
14	9.7	9.1	12.7	12.5	10.6	3.3	5.7	6	4.9	5.3	5.4	3.6	88.8
15	6.9	10.2	10.6	8.4	9.4	2.2	7.5	8.3	5	5.8	4.9	5	84.2



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Evaporación de Pana(mm)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
16	6.3	9.7	9.2	31.2	9	7.1	7.1	5.5	8	5.3	3.8	6.8	109
17	8.2	9.6	14.2	16.4	11.5	7.3	6.3	6.7	4.9	3	6.3	7.8	102.2
18	8.9	10.2	10.9	12.1	7.2	6.7	4.5	4.9	4.3	5.7	6.6	8	90
19	7.1	12.1	8.9	11.3	6.8	7.5	3.3	8.6	4.7	6.7	6.3	6.5	89.8
20	7.8	12.2	15.4	8.5	11.4	5.7	5.2	7.8	3.1	7.1	4.9	4.8	93.9
21	8.1	7.4	9.4	9.3	6.4	6.7	1.7	5.2	3.9	6.3	5.4	8.4	78.2
22	6.2	10.5	9.5	12.3	3.5	4.8	5.6	8	3.6	6	5.6	8.2	83.8
23	8.8	9.8	9.7	11.5	9.2	5.2	4.2	2.8	2.9	5	5.3	6.7	81.1
24	7.1	10.9	8.7	11.6	5.8	3.3	5.5	6	4.5	5.1	6.9	5.2	80.6
25	6.7	9.6	4.8	8.4	7.3	5.5	5.1	5.3	4.6	4.1	5.4	6.2	73
26	4.4	8.8	11.4	10.1	9.5	7.4	8	6.2	6.7	5.2	4.3	7.8	89.8
27	2.3	12.6	12.9	15.2	7.8	5	5.8	6.8	3.2	4.8	7.6	5.8	89.8
28	6.5	11.1	11.8	10.8	6.5	6.8	3.3	6.8	7.2	3.7	6.9	5.6	87
29	10.7		9.6	8	8.7	1.1	2.6	8.7	6.4	5.6	7.1	8.4	76.9
30	9.3		10.1	10	6.3	4.5	5.8	6.6	6.3	5.6	5.9	6.8	77.2
31	8.6		11.4		3.9		5.5	7		4.6	7		48



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Evaporación de Pana(mm)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
Suma	229.5	272.1	332.6	352	254.7	166.1	171	194.7	154.5	177.1	166.3	202.3	2672.9
Media	7.4	9.7	10.7	11.7	8.2	5.5	5.5	6.3	5.2	5.7	5.5	6.5	86.2
Max	10.7	12.6	15.4	31.2	11.5	9	9.1	8.7	8	9.2	7.6	8.4	109
Min	2.3	6.5	4.8	8	3.5	0.9	1.7	2.8	2.9	3	2.3	3.6	48
Sin dato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 23. Velocidad de viento medio en el municipio de Managua en el año 2013



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Viento Medio 10m (m/seg)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Media
1	3.5	4.9	4.1	4.2	2.2	1.1	3.3	1.3	0.9	2.8
2	2.8	3.7	3.7	4.8	2.3	0.8	3	1.5	1.8	2.7
3	3.3	4	4.7	4.5	2.3	1.4	3.2	1.5	1.8	3
4	3.3	3.3	4.6	3.9	2.6	1.5	2.2	2.1	1.5	2.8
5	3.8	3.4	4.5	3.9	4.8	1.9	3	2.4	1.2	3.2
6	3.9	4.3	4	4.6	3	1	3	1.5	2.2	3.1
7	4	4.3	4.3	4.5	4.3	2.8	1.9	1	1.4	3.2
8	4.4	3.1	4.2	4.3	3.5	2.7	2.4	0.7	2.4	3.1
9	4.3	4	5.4	5.4	4.1	2.5	2.5	0.9	2	3.5
10	4.6	3.1	5.3	4.5	3.1	1.8	2.5	0.8	2.5	3.1
11	4.6	3.9	4.1	3.7	2.5	2.1	1.5	1.6	2	2.9
12	3.6	4.1	4.1	4.5	3.2	3	1.1	1.7	1.6	3
13	4.5	3.8	4	4.3	4.3	3.2	1.7	3	2.1	3.4
14	2.6	3.4	4.5	5.1	5.1	2.1	1.8	2.1	1.3	3.1
15	3.8	3.9	4.7	3.3	4.5	2.3	2	1	1.7	3



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Viento Medio 10m (m/seg)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Media
16	3.8	3.1	4.7	3.9	4.7	1.8	2.8	1.2	1.5	3.1
17	3.2	3	4.7	4.6	4.8	2.4	1.9	0.6	1	2.9
18	4.5	3.8	4.7	5.1	4.2	3.4	2.3	1.3	1.5	3.4
19	4.7	5.2	3.8	4.4	3.3	3.2	2.3	0.9	1.5	3.3
20	5	3.8	2.6	3	3.6	2.4	2.2	0.6	2	2.8
21	3.1	3.5	2.6	4.7	3.2	3.1	2.2	1.2	1.8	2.8
22	3.7	3.9	2.6	4.6	2.4	3.2	2.7	1.5	1.8	2.9
23	4.1	4.4	2.9	4.6	2.9	3	1.2	0.8	1.3	2.8
24	3.3	4.9	1.8	4.6	2.9	1.8	1.8	0.9	1.5	2.6
25	3.5	3.6	1.7	4.9	3.9	2.7	2	2.1	2.7	3
26	3.1	3.3	4.9	5	3.9	3.4	2	2.6	1.9	3.3
27	3.9	4.6	5.9	4.3	2.1	2.3	1.9	1.7	1.4	3.1
28	4.7	4.5	5.1	4.1	2.6	2.8	2.8	1.5	1.3	3.3
29	4.5		4.9	3.2	1.4	0.9	1.8	1.2	1.6	2.4
30	4		4.2	2.8	1.7	0.7	2.2	1.1	2.4	2.4
31	4.3		5.3		1.3		2.2		1.8	3
Suma	120.4	108.8	128.6	129.3	100.7	67.3	69.4	42.3	53.4	

Tabla 24. Temperatura media en el municipio de Managua en el año 2013



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO**

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Temperatura Media (°C)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1	27.4	28	28.4	30.5	29.6	27.4	26.1	27.1	27.7	26.8	27.6	27.4	27.8
2	27.1	27.9	28.3	30	29.9	26.2	27.7	26.3	27.1	27	27.2	26.5	27.6
3	27.5	26.7	26	29.8	28.3	27.8	26.8	27	26.9	26.4	25.8	26.6	27.1
4	26.7	27	25.8	29.7	29.8	28.2	26.6	26.1	27	27.3	26.8	26.8	27.3
5	26.7	27.4	26.7	30.5	30.3	27.8	26.7	25.8	27.8	27.7	26.9	26.9	27.6
6	26.9	27.6	29.1	29.6	30.2	28.1	26.3	28.3	27.6	28.4	27.1	26.8	28
7	27.8	27.9	28.7	29.2	30.5	28.6	27.9	28.1	27.1	26.9	27.4	26.2	28
8	28.1	27.2	27.9	29.2	30	28.8	28.1	27.5	26.7	27.4	26.3	26.3	27.8
9	27.7	27	28.7	29.8	30.6	27	27.5	27.9	26.2	27.8	26	25.5	27.6
10	28.2	27.1	28.8	30.5	30	25.7	26.6	27.8	26.1	27.5	25.8	26.8	27.6
11	27.4	27.4	28.7	30.3	29.2	26.8	25.5	26.4	26.2	27	26.1	27.3	27.4
12	27.8	26.8	29.5	30.6	30.2	28	26.5	26.1	26.6	27.3	27.2	27.5	27.8
13	27.7	27.2	28.9	30.7	30	27.5	27	27.2	27.5	27.5	26.7	27.4	27.9



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO**

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Temperatura Media (°C)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
14	26.3	27.1	29	29.9	29.8	27	27.2	27.7	27.5	26.7	26.6	26	27.6
15	26.5	27.3	27.5	30.8	30	27.1	28.1	27.6	26.2	27.3	27	26.8	27.7
16	26.3	27.6	27.7	31.4	29.6	27.6	28.3	27.6	27.1	26.9	26.9	26.2	27.8
17	27.1	26.7	28.3	31.1	30.1	28.7	28.2	27	26.5	26.6	27.1	27.2	27.9
18	27.3	26	28.7	30.4	30.2	29.3	27	27.8	27.1	27.7	27.5	26.9	28
19	26.4	27.9	29.5	29.6	30.3	28.3	26.6	27.8	26.4	26.7	27.2	26.5	27.8
20	26.7	27.1	29.2	29.9	30.8	28.2	25.5	27.7	25.7	26.7	25.9	25.7	27.4
21	27.1	27.3	29.2	30.3	29.3	27.8	24.1	27.9	26.8	26.8	27.1	26.4	27.5
22	27.2	27.9	29.4	30.2	28.3	26.7	26	28.2	26.4	26.6	26.5	26.7	27.5
23	26.7	28.3	28.8	30.3	29.5	26.8	26.5	26.7	26.4	26.8	26.5	26.1	27.5
24	26.9	28.7	28.9	30.7	28	27.4	27.8	26.8	27.6	27.2	26.9	26.3	27.8
25	27	28.5	29.2	29.8	27.8	27.6	27.3	27.2	28	26.8	27.4	25.9	27.7
26	26.3	29.1	30.9	29.7	29.3	27.9	28.7	27.5	27	26.9	26.8	25.9	28
27	27.1	29.2	30.2	29.7	28.4	27.8	28.1	27.5	25.7	26.7	27.2	25.9	27.8



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
Departamento:
Latitud: 12°08'36"
Año: 2013
Parámetro: Temperatura Media (°C)

Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

28	28	28.6	28.9	29	28.5	28.1	25.8	27.6	26.6	26.5	26.2	25.9	27.5
29	28		27.7	28.9	27.5	26.4	25.6	27.1	26.8	26.9	26.8	27.5	27.2
30	27.5		28.4	29.4	28	26	27.6	27.2	27	26.8	26.2	27.4	27.4
31	28		29.4		27.2		26.8	28.2		26.9		27.1	27.7
Suma	843.4	772.5	886.4	901.5	911.2	826.6	834.5	846.7	805.3	838.5	802.7	824.4	857.2
Media	27.2	27.6	28.6	30.1	29.4	27.6	26.9	27.3	26.8	27	26.8	26.6	27.7
Max.	28.2	29.2	30.9	31.4	30.8	29.3	28.7	28.3	28	28.4	27.6	27.5	28
Min.	26.3	26	25.8	28.9	27.2	25.7	24.1	25.8	25.7	26.4	25.8	25.5	27.1
Sin dato	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0

Tabla 25. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de enero del 2014

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO																						
Estación:		CIUDAD SANDINO					Código:		69027		Año:		ENERO, 2014		Elevación:		56 msnm		Tipo:		HMP	
Parámetro:		Viento, Presión		Temperatura,		Evaporación,		Municipio:		MANAGUA		Latitud:		12°08'36"		Longitud:		86°09'49"				
TEMPERATURA °C							EVAPORACIÓN		INSO		Nh		VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN					
MAX		MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas Decim.	Nubes bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
32.9	22.0	26.4	22.3	20.5	72	18.1	0.0	4.8	7.0	8.0	2	2.9	7	2	E	1004.5	1006.6	1001.5	1010.8	1012.9	1007.7	
33.0	20.7	26.5	21.5	19.3	67	16.8	0.0	6.0	7.8	10.2	1	2.5	8	2	E	1003.9	1006.4	1001.3	1010.1	1012.7	1007.5	
32.4	21.4	25.7	22.0	20.4	74	18.0	0.0	4.3	5.8	7.7	2	2.8	8	2	E	1003.7	1005.7	1001.3	1009.9	1012.0	1007.5	
32.3	22.8	26.6	23.0	21.5	75	19.3	0.0	4.5	5.4	4.3	5	2.9	8	2	E	1003.5	1005.5	1001.3	1009.7	1011.8	1007.5	
32.7	21.4	26.9	22.7	20.9	72	18.6	0.0	5.2	6.0	9.2	2	2.3	6	2	E	1004.4	1006.4	1002.4	1010.7	1012.7	1008.6	
32.1	21.8	26.7	22.1	20.0	68	17.6	0.0	5.8	5.3	6.8	3	2.6	6	2	E	1005.3	1007.1	1003.0	1011.5	1013.4	1009.2	
32.7	21.4	25.9	21.6	19.7	71	17.2	2.1	6.4	8.5	9.0	2	2.8	7	2	SE	1006.2	1008.2	1003.1	1012.4	1014.5	1009.3	
32.0	20.8	26.3	22.1	20.4	72	18.0	0.0	5.4	6.1	10.1	2	2.3	7	2	NE	1005.7	1007.5	1003.4	1012.0	1013.8	1009.6	
32.9	22.2	25.8	22.4	19.9	71	18.2	0.0	5.5	9.7	9.4	2	3.0	9	3	E	1005.6	1007.6	1003.1	1011.8	1013.9	1009.3	
33.3	19.7	26.3	21.4	19.2	68	16.7	0.0	8.6	9.2	10.5	1	3.5	8	2	E	1005.1	1007.6	1001.9	1011.4	1013.9	1008.1	
33.3	20.4	27.0	21.8	19.5	66	17.0	0.0	7.4	8.3	10.5	2	2.4	8	2	E	1005.5	1007.8	1002.7	1011.8	1014.1	1008.9	
33.2	21.5	26.8	21.8	19.5	67	17.1	0.0	7.8	9.1	10.2	2	4.3	10	2	E	1006.4	1008.5	1003.9	1012.6	1014.8	1010.1	
33.3	20.1	26.5	21.0	18.5	66	16.0	0.0	7.1	7.8	9.8	2	3.8	9	2	E	1005.8	1007.9	1003.0	1012.1	1014.2	1009.2	



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CIUDAD SANDINO	Código:	69027	Año:	ENERO, 2014	Elevación:	56 msnm	Tipo:	HMP
Parámetro:	Viento, Temperatura, Evaporación, Presión	Municipio:	MANAGUA	Latitud:	12°08'36"	Longitud:	86°09'49"		

TEMPERATURA °C							EVAPORACIÓN		INSO	Nh	VIENTO (m/seg.)					PRESIÓN					
MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	HUMEDAD		Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Presión A Nivel de la Estación			Presión A Nivel del Mar		
					H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas					Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
33.1	19.0	26.2	21.9	20.1	71	17.7	0.0	6.9	7.7	10.7	2	3.9	12	2	SE	1005.6	1008.0	1002.8	1011.8	1014.3	1009.0
31.9	21.0	26.0	22.2	20.2	69	17.7	0.0	5.7	6.5	8.2	2	3.1	7	2	E	1005.1	1007.1	1002.6	1011.4	1013.4	1008.8
32.7	23.1	27.2	20.7	17.4	57	15.0	0.0	8.0	11.2	10.9	1	3.8	6	2	E	1004.7	1006.6	1001.9	1010.9	1012.9	1008.1
32.7	20.4	26.5	20.5	17.6	61	15.1	0.0	7.3	9.3	9.1	2	3.8	8	2	E	1005.4	1007.6	1002.8	1011.6	1013.9	1009.0
30.8	21.3	26.1	21.2	18.9	66	16.4	0.0	5.5	10.8	8.1	2	4.9	9	2	E	1006.7	1008.6	1005.0	1013.0	1014.9	1011.2
32.9	21.5	26.9	21.0	18.3	61	15.8	0.0	7.3	8.1	10.4	1	3.5	7	2	E	1007.5	1009.6	1005.1	1013.7	1015.9	1011.4
32.6	20.9	26.9	21.1	17.7	62	15.9	0.0	7.3	9.9	10.1	2	3.3	8	2	E	1006.1	1007.9	1004.0	1012.4	1014.2	1010.2
31.9	23.2	27.6	22.0	19.5	62	17.7	0.0	6.8	6.9	6.6	3	2.7	5	2	E	1005.3	1007.1	1003.0	1011.6	1013.4	1009.2
32.7	23.0	26.9	20.9	17.9	59	15.5	0.0	9.7	10.1	10.4	2	4.4	8	2	E	1006.5	1008.4	1004.2	1012.8	1014.7	1010.4
32.9	21.2	26.9	20.8	17.8	59	15.4	0.0	9.9	8.1	9.8	2	4.8	9	2	E	1007.2	1008.8	1004.2	1013.4	1015.1	1010.4
32.1	21.6	26.4	21.8	19.7	69	17.3	0.1	6.2	5.3	8.1	3	3.5	7	2	E	1007.5	1009.8	1004.4	1013.7	1016.1	1010.6
32.0	21.4	26.6	21.9	19.8	69	17.3	0.0	6.2	7.5	8.5	2	3.4	6	2	E	1007.2	1009.3	1004.2	1013.5	1015.6	1010.4



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CIUDAD SANDINO	Código:	69027	Año:	ENERO, 2014	Elevación:	56 msnm	Tipo:	HMP
Parámetro:	Viento, Temperatura, Evaporación, Presión	Municipio:	MANAGUA	Latitud:	12°08'36"	Longitud:	86°09'49"		

EVAPORACIÓN				INSO		Nh	VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN				Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
MAX	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas Decim.	Nubes bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
31.7	26.7	21.6	19.3	66	16.8	0.0	6.7	8.5	9.4	2	3.5	7	2	E	1005.5	1007.6	1002.3	1011.7	1013.9	1008.5
32.3	26.3	21.3	19.0	66	16.5	0.0	6.3	6.9	7.9	2	3.3	7	2	E	1004.4	1007.0	1001.9	1010.7	1013.3	1008.1
32.6	26.0	21.5	19.5	69	17.0	0.9	6.2	6.7	8.5	3	3.8	8	2	E	1004.8	1007.0	1002.4	1011.0	1013.3	1008.6
33.1	26.5	21.8	19.8	69	17.3	0.0	6.8	5.8	10.5	1	3.0	8	2	E	1004.7	1007.1	1001.6	1010.9	1013.4	1007.8
33.3	26.9	21.4	18.9	64	16.4	0.0	6.2	10.6	9.1	2	3.3	6	2	E	1005.0	1007.5	1002.3	1011.3	1013.8	1008.5
33.1	27.4	21.2	18.2	60	15.8	0.0	9.0	9.9	7.8	3	4.3	8	2	E	1004.1	1006.4	1001.1	1010.4	1012.7	1007.3
1010.5	823.4	670.5	598.9	2068.0	525.2	3.1	206.8	245.8	279.8	65.0	104.4	237.0	63.0	E28	31168.9	31234.2	31087.7	31362.6	31429.5	31280.0
32.6	26.6	21.6	19.3	66.7	16.9	0.1	6.7	7.9	9.0	2.1	3.4	7.6	2.0	-	1005.4	1007.6	1002.8	1011.7	1013.9	1009.0
33.3	27.6	23.0	21.5	75.0	19.3	2.1	9.9	11.2	10.9	5.0	4.9	12.0	3.0	-	1007.5	1009.8	1005.1	1013.7	1016.1	1011.4
30.8	25.7	20.5	17.4	57.0	15.0	0.0	4.3	5.3	4.3	1.0	2.3	5.0	2.0	-	1003.5	1005.5	1001.1	1009.7	1011.8	1007.3
10	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAX	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	28.0	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	-	-	Med-mb	-	-

Tabla 26. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de febrero del 2014

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO																								
Estación:		CIUDAD SANDINO					Código:		69027		Año:		FEBRERO, 2014		Elevación:		56 msnm		Tipo:		HMP			
Parámetro:		Viento, Temperatura, Evaporación, Presión					Municipio:		MANAGUA					Latitud:		12°08'36"		Longitud:		86°09'49"				
TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO	Nh	VIENTO (m/seg.)						PRESIÓN					
HUMEDAD								Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes							Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb		
1	33.5	21.4	27.0	21.1	18.3	61	15.9	0.0	9.4	10.3	10.1	2	4.4	8	2	E	1004.3	1006.3	1001.4	1010.5	1012.6	1007.6		
2	33.2	20.4	26.9	21.6	19.2	65	16.7	0.0	7.6	8.8	10.6	1	3.7	7	2	E	1004.6	1007.1	1002.0	1010.8	1013.4	1008.2		
3	33.9	20.2	26.8	21.7	19.5	67	17.0	0.0	8.4	8.2	10.3	1	2.8	7	2	E	1004.6	1007.0	1001.9	1010.8	1013.3	1008.1		
4	33.5	21.0	27.1	21.9	19.6	66	17.2	0.0	7.3	8.4	10.0	2	3.3	8	2	E	1004.7	1006.4	1001.8	1010.9	1012.7	1008.0		
5	33.6	21.8	27.5	21.7	19.0	62	16.5	0.0	8.1	10.1	10.2	2	3.6	8	2	E	1005.1	1007.1	1002.2	1011.4	1013.4	1008.4		
6	33.1	20.9	26.7	21.2	18.7	64	16.2	0.0	7.1	8.0	8.5	2	2.8	7	2	E	1005.4	1007.6	1002.6	1011.6	1013.9	1008.8		
7	33.2	19.4	26.3	20.9	18.4	65	15.9	0.0	7.4	7.7	9.7	2	3.4	8	2	E	1005.3	1007.4	1002.6	1011.6	1013.7	1008.8		
8	33.5	19.4	26.2	21.1	18.6	66	16.2	0.0	7.0	10.1	10.0	1	3.1	8	2	E	1005.3	1007.8	1002.6	1011.5	1014.1	1008.8		
9	31.5	20.6	25.8	21.7	19.7	71	17.4	0.7	5.4	5.0	4.5	2	2.4	7	2	E	1005.0	1006.7	1003.1	1011.3	1013.0	1009.3		
10	33.5	22.0	27.0	21.7	19.4	65	16.9	0.0	8.3	8.7	10.3	2	3.8	9	2	E	1004.4	1005.9	1002.3	1010.7	1012.2	1008.5		

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO																									
Estación:			CIUDAD SANDINO					Código:			69027			Año:		FEBRERO, 2014		Elevación:		56 msnm		Tipo:		HMP	
Parámetro:			Viento, Temperatura, Evaporación, Presión					Municipio:			MANAGUA			Latitud:		12°08'36"		Longitud:		86°09'49"					
TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO		Nh		VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN						
				HUMEDAD				Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes					Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar					
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb			
11	33.8	21.0	27.5	22.1	19.7	65	17.2	0.0	7.5	8.3	9.8	2	3.2	6	2	E	1004.3	1006.3	1001.3	1010.5	1012.6	1007.5			
12	34.5	22.8	28.1	23.0	20.8	66	18.4	0.0	7.8	9.2	11.0	2	4.2	8	2	E	1003.8	1006.3	1000.4	1010.0	1012.6	1006.6			
13	34.7	22.4	28.4	23.1	20.9	66	18.6	0.0	8.2	10.2	10.4	5	4.2	8	2	E	1003.8	1006.2	1000.6	1010.0	1012.4	1006.2			
14	34.3	24.9	28.8	22.6	19.8	60	17.4	0.0	8.0	8.7	8.7	3	3.9	8	2	E	1005.3	1007.6	1002.8	1011.5	1013.8	1009.0			
15	34.5	22.4	28.2	22.1	19.3	61	16.9	0.0	9.0	10.2	10.9	2	3.8	8	2	E	1006.4	1008.3	1003.9	1012.7	1014.5	1010.1			
16	33.9	22.4	27.6	21.7	19.0	61	16.5	0.0	7.9	10.7	10.4	2	5.7	11	2	E	1006.3	1008.2	1003.4	1012.5	1014.4	1009.6			
17	34.5	22.2	27.5	21.6	18.9	62	16.5	0.0	8.4	8.8	10.0	2	4.1	7	2	E	1005.7	1008.2	1002.0	1011.9	1014.5	1008.2			
18	34.2	21.4	27.7	21.7	18.9	61	16.7	0.0	9.0	12.4	11.0	2	4.3	9	2	E	1005.3	1007.4	1002.3	1011.5	1013.7	1008.5			
19	33.5	21.9	27.5	21.3	18.3	60	15.8	0.0	9.4	10.3	10.4	2	4.3	8	2	E	1004.4	1006.2	1001.9	1010.6	1012.4	1008.1			
20	33.1	21.0	27.3	21.8	19.4	64	16.9	0.0	9.0	9.8	10.6	2	4.3	9	2	E	1004.4	1006.4	1001.1	1010.6	1012.7	1007.3			
21	33.5	21.0	27.1	21.9	19.5	65	17.1	0.0	6.9	6.9	8.1	2	3.3	7	2	E	1004.0	1006.0	1001.3	1010.2	1012.3	1007.5			



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CIUDAD SANDINO	Código:	69027	Año:	FEBRERO, 2014	Elevación:	56 msnm	Tipo:	HMP
Parámetro:	Viento, Temperatura, Evaporación, Presión	Municipio:	MANAGUA	Latitud:	12°08'36"	Longitud:	86°09'49"		

TEMPERATURA °C				HUMEDAD				EVAPORACIÓN			INSO	Nh	VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN					
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas Decim.	Nubes bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
																	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
22	32.9	22.9	27.3	22.4	20.3	67	17.8	0.0	7.4	8.4	6.2	3	4.0	8	2	E	1004.5	1006.8	1001.9	1010.7	1013.1	1008.1
23	34.5	20.4	27.5	21.5	18.5	60	16.1	0.0	9.8	12.0	10.9	1	4.0	9	2	E	1005.0	1007.1	1002.4	1011.2	1013.4	1008.8
24	34.4	23.6	27.8	21.5	19.0	62	16.6	0.0	8.4	9.9	6.4	3	4.5	9	2	E	1004.8	1006.8	1002.2	1011.1	1013.1	1008.4
25	32.5	18.8	26.7	20.8	18.0	62	15.5	0.0	8.1	9.4	9.4	2	4.0	9	2	E	1004.8	1006.6	1001.9	1011.0	1012.2	1008.1
26	34.0	20.4	27.1	21.1	18.2	61	15.7	0.0	8.7	8.6	10.8	1	3.7	7	2	E	1003.7	1006.4	1000.2	1009.9	1012.7	1006.4
27	34.3	20.8	27.3	21.3	18.4	61	15.9	0.0	8.8	8.2	11.0	1	3.2	6	2	E	1003.9	1006.8	1000.8	1010.2	1013.1	1007.0
28	34.9	21.0	27.9	21.5	18.5	60	16.0	0.0	9.0	11.4	10.7	2	3.2	7	2	E	1006.0	1008.4	1003.4	1012.2	1014.7	1009.6
SUMA	237.5	147.9	191.6	###	130.9	433.0	113.6	-	60.2	67.9	65.4	13.0	26.6	55.0	14.0	#¡REF!	7032.7	7048.9	7012.8	7076.3	7092.3	7056.4
MEDIA	33.9	21.1	27.4	21.4	18.7	61.9	16.2	-	8.6	9.7	9.3	1.9	3.8	7.9	2.0	-	1004.7	1007.0	1001.8	1010.9	1013.2	1008.1
MAX	34.9	23.6	27.9	22.4	20.3	67.0	17.8	-	9.8	12.0	11.0	3.0	4.5	9.0	2.0	-	1006.0	1008.4	1003.4	1012.2	1014.7	1009.6
MIN	32.5	18.8	26.7	20.8	18.0	60.0	15.5	-	7.4	8.2	6.2	1.0	3.2	6.0	2.0	-	1003.7	1006.4	1000.2	1009.9	1012.2	1006.4

Tabla 27. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de Marzo del 2014

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES																								
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA																								
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO																								
Estación:		CIUDAD SANDINO						Código:		69027		Año:		MARZO, 2014		Elevación:		56 msnm		Tipo:		HMP		
Parámetro:		Viento, Temperatura, Evaporación, Presión						Municipio:		MANAGUA				Latitud:		12°08'36"		Longitud:		86°09'49"				
TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO		Nh		VIENTO (m/seg.)					PRESIÓN				
HUMEDAD								Precipitac	Piché		Tanqu e	Horas	Nubes		Presion A Nivel de la Estación					Presion A Nivel del Mar				
DI	MA	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim	bajas	MED	MAX	MIN.	DD.P	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb		
1	34.8	22.1	27.5	21.9	18.8	58	16.3	0.0	9.5	10.5	10.0	2	4.0	7	2	E	1006.6	1008.7	1003.5	1012.8	1014.9	1009.7		
2	33.2	22.2	27.7	21.6	18.9	60	16.4	0.0	8.1	8.7	8.6	2	3.8	6	2	E	1005.7	1008.3	1002.7	1011.9	1014.5	1008.9		
3	34.5	22.2	28.2	21.9	19.1	61	16.6	0.0	10.9	9.8	10.8	2	4.1	9	2	SE	1004.5	1006.4	1001.4	1010.7	1012.6	1007.6		
4	34.1	24.3	28.2	22.2	19.6	61	17.1	0.0	10.5	11.9	9.5	2	4.4	8	2	SE	1004.7	1007.0	1001.8	1011.0	1013.2	1008.0		
5	33.9	23.1	28.2	22.3	19.7	62	17.3	0.0	9.5	11.0	10.2	1	4.1	7	2	E	1005.3	1007.9	1002.7	1011.5	1014.2	1008.7		
6	34.9	21.7	28.3	21.9	19.0	60	16.5	0.0	9.0	11.4	10.2	2	2.8	7	2	E	1005.1	1007.9	1001.9	1011.3	1014.1	1008.1		
7	35.0	24.2	29.2	23.0	20.4	61	18.0	0.0	9.6	9.8	10.7	2	4.4	10	2	SE	1005.1	1007.2	1001.5	1010.8	1013.4	1007.7		
8	35.1	22.3	28.8	22.5	19.7	60	17.3	0.0	9.5	12.0	10.7	1	3.7	6	2	E	1006.6	1009.3	1003.8	1012.8	1015.5	1010.0		
9	35.1	23.6	28.8	22.8	20.3	62	17.9	0.0	8.4	9.2	9.8	2	4.4	7	2	E	1007.3	1009.8	1004.3	1013.5	1016.0	1010.5		
10	35.2	22.9	28.8	22.4	19.7	60	17.3	0.0	10.8	12.6	10.6	2	4.4	8	2	E	1006.1	1009.4	1002.6	1012.3	1015.6	1008.8		



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CIUDAD SANDINO	Código:	69027	Año:	MARZO, 2014	Elevación:	56 msnm	Tipo:	HMP
Parámetro:	Viento, Temperatura, Evaporación, Presión	Municipio:	MANAGUA	Latitud:	12°08'36"	Longitud:	86°09'49"		

TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO	Nh	VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN					
				HUMEDAD				Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes					Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.P P	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
11	35.0	23.1	28.8	22.1	19.0	58	16.5	0.0	11.3	12.6	10.8	1	4.4	8	2	E	1004.0	1006.6	1000.7	1010.2	1012.8	1006.9
12	34.8	22.0	28.6	22.4	19.6	61	17.2	0.0	9.7	9.6	10.9	2	3.9	7	2	SE	1003.6	1006.2	1000.7	1009.8	1012.5	1006.9
13	35.1	22.1	29.1	21.2	18.4	55	15.9	0.0	8.1	11.7	11.0	1	4.2	7	2	E	1004.6	1006.8	1001.9	1010.8	1013.0	1008.1
14	34.6	22.4	28.5	21.6	18.4	56	15.9	0.0	10.0	11.7	10.2	2	5.3	11	2	E	1006.1	1008.6	1003.1	1012.3	1014.8	1009.3
15	35.1	22.1	28.3	22.0	19.2	60	16.7	0.0	11.2	11.4	10.8	1	5.4	9	2	E	1004.6	1007.1	1001.3	1010.8	1013.3	1007.5
16	35.0	23.6	29.0	22.3	19.2	58	16.8	0.0	11.6	13.3	10.6	1	4.5	8	2	E	1002.5	1005.4	999.5	1008.7	1011.6	1005.7
17	35.3	21.0	28.3	21.5	18.2	58	15.8	0.0	10.8	9.7	10.5	1	2.8	7	2	SE	1001.8	1004.7	998.4	1008.0	1010.9	1004.6
18	35.3	23.8	28.9	22.4	19.5	59	17.1	0.0	9.2	10.5	7.9	2	3.7	8	2	E	1003.1	1005.6	1000.3	1009.3	1011.9	1006.5
19	35.3	23.4	28.8	22.2	19.2	59	16.8	0.0	10.1	11.3	9.8	2	4.4	8	2	E	1003.9	1006.6	1000.8	1010.1	1012.8	1007.0
20	35.9	21.5	29.3	22.3	19.3	58	16.8	0.0	12.1	13.2	10.1	1	4.2	9	2	E	1003.0	1005.5	1000.7	1010.0	1011.7	1006.9
21	35.5	20.4	29.9	22.0	18.6	55	16.1	0.0	10.7	10.4	12.6	2	4.7	8	2	E	1002.5	1006.6	1001.0	1010.9	1012.8	1008.2
22	35.6	23.8	29.1	22.4	19.4	57	16.9	0.0	12.1	11.4	10.8	2	4.8	9	3	E	1005.5	1007.9	1002.8	1011.7	1014.0	1009.0



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

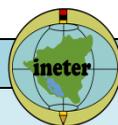
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: CIUDAD SANDINO Código: 69027 Año: MARZO, 2014 Elevación: 56 msnm Tipo: HMP
 Parámetro: Viento, Temperatura, Evaporación, Presión Municipio: MANAGUA Latitud: 12°08'36" Longitud: 86°09'49"

TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO	Nh	VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN					
HUMEDAD								Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes					Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	MED.	MAX	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
23	36.3	22.4	29.3	21.8	18.3	55	15.9	0.0	11.4	13.7	10.9	1	4.8	8	2	E	1006.1	1008.7	1002.8	1012.3	1014.9	1009.0
24	36.5	23.7	29.2	22.7	19.8	60	17.4	0.0	12.4	9.7	10.5	2	4.3	8	2	SE	1004.9	1006.6	1001.5	1011.1	1012.8	1007.7
25	35.9	23.7	29.6	22.9	20.1	59	17.7	0.0	10.6	12.8	11.0	1	4.2	7	2	E	1005.1	1007.2	1002.2	1011.3	1013.4	1008.4
26	36.7	23.0	30.1	22.6	19.2	55	16.8	0.0	11.7	11.6	10.4	2	4.5	8	2	E	1005.8	1008.3	1002.7	1012.0	1014.5	1008.9
27	36.2	23.2	29.4	22.3	19.0	56	16.6	0.0	13.6	12.4	10.2	2	6.0	11	2	E	1005.9	1008.7	1002.4	1012.1	1014.9	1008.6
28	35.7	24.0	29.2	21.8	18.2	54	15.8	0.0	12.3	12.8	10.0	2	5.3	9	3	E	1004.8	1007.2	1001.6	1011.0	1013.4	1007.8
29	36.1	21.0	29.2	21.2	17.4	53	14.9	0.0	12.4	14.9	11.0	1	4.8	10	2	E	1004.7	1007.4	1001.1	1010.9	1013.6	1007.3
30	34.9	21.9	28.8	21.7	18.4	56	15.9	0.0	10.6	10.5	9.6	2	4.0	8	2	E	1005.3	1007.5	1002.3	1011.5	1013.7	1008.5
31	35.9	24.9	29.4	22.5	19.6	58	17.1	0.0	12.3	14.0	10.0	2	6.1	8	2	E	1005.3	1007.6	1001.9	1011.5	1013.8	1008.1
SUMA	324.2	207.8	264.2	199.5	170.0	506.0	148.1	0.0	107.3	112.4	93.6	15.0	44.0	77.0	19.0	#¡REF!	9047.9	9069.2	9018.5	9103.7	9125.0	9074.3
MEDIA	36.0	23.1	29.4	22.2	18.9	56.2	16.5	0.0	11.9	12.5	10.4	1.7	4.9	8.6	2.1	-	1005.3	1007.7	1002.1	1011.5	1013.9	1008.3
MAX	36.7	24.9	30.1	22.9	20.1	60.0	17.7	0.0	13.6	14.9	11.0	2.0	6.1	11.0	3.0	-	1006.1	1008.7	1002.8	1012.3	1014.9	1009.0
MIN	34.9	21.0	28.8	21.2	17.4	53.0	14.9	0.0	10.6	9.7	9.6	1.0	4.0	7.0	2.0	-	1004.7	1006.6	1001.1	1010.9	1012.8	1007.3
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	9.0	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX	MIN.	DD.PP	Med-mb	-	-	Med-mb	-	-

Tabla 28. Velocidad de viento, Temperatura, Evaporación en el municipio de Managua del mes de Abril del 2014

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO																																		
Estación:			CIUDAD SANDINO					Código:			69027			Año:			ABRIL, 2014			Elevación:			56 msnm			Tipo:			HMP			HNN		
Parámetro:			Viento, Temperatura, Evaporación, Presión					Municipio:			MANAGUA			Latitud:			12°08'36"			Longitud:			86°09'49"											
TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO		Nh		VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN															
				HUMEDAD				Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes					Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar														
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb												
1	35.3	24.6	29.5	22.8	19.8	57	17.4	0.0	7.9	11.2	10.8	2	5.9	10	3	E	1004.8	1007.0	1002.4	1011.0	1013.2	1008.6												
2	36.3	22.8	29.5	22.1	18.7	55	16.3	0.0	14.9	13.9	11.0	2	4.6	9	2	E	1004.8	1007.2	1001.9	1011.0	1013.4	1008.1												
3	36.2	24.0	29.7	22.5	19.4	56	16.9	0.0	11.6	14.3	11.1	2	5.1	9	3	E	1004.4	1007.0	1001.4	1010.6	1013.2	1007.6												
4	36.4	22.9	29.6	23.0	20.3	59	17.9	0.0	10.3	10.6	3.0	1	4.8	9	2	E	1003.7	1006.3	1000.7	1009.9	1012.5	1006.9												
5	36.0	23.9	29.9	24.9	19.9	58	17.7	0.0	13.4	11.7	9.7	1	5.1	8	2	E	1003.3	1005.4	1000.2	1009.5	1011.7	1006.4												
6	35.5	23.3	29.4	22.6	19.6	58	17.1	0.0	10.8	13.4	10.0	1	4.8	9	2	E	1003.4	1006.3	1000.1	1009.6	1012.5	1006.3												
7	36.3	22.8	29.9	23.5	20.8	61	18.5	0.0	11.0	11.6	10.2	2	2.4	7	2	E	1003.0	1005.8	1000.4	1009.2	1012.0	1006.6												
8	37.1	24.9	30.9	24.2	21.5	59	19.3	0.0	11.0	10.4	11.0	1	3.2	6	2	E	1003.7	1005.9	1000.6	1009.9	1012.1	1006.7												
9	36.3	27.4	31.0	22.9	19.4	52	17.1	0.0	13.5	14.2	10.0	1	5.4	8	2	E	1005.3	1007.9	1002.0	1011.5	1014.1	1008.1												
10	34.0	24.2	29.2	21.7	18.2	52	15.7	0.0	12.5	12.5	9.6	1	4.8	8	2	E	1006.1	1007.6	1003.8	1012.3	1014.1	1010.0												
11	35.8	26.0	29.8	22.7	19.6	55	17.1	0.0	10.2	10.0	9.1	2	5.2	9	3	E	1005.1	1008.2	1001.8	1011.3	1014.1	1008.0												
12	36.4	22.0	29.5	21.6	17.8	53	15.4	0.0	14.6	14.0	9.8	2	4.5	8	2	E	1004.2	1006.3	1000.6	1010.4	1012.5	1006.8												



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: CIUDAD SANDINO Código: 69027 Año: ABRIL, 2014 Elevación: 56 msnm Tipo: HMP HNN

Parámetro: Viento, Temperatura, Evaporación, Presión Municipio: MANAGUA Latitud: 12°08'36" Longitud: 86°09'49"

TEMPERATURA °C

EVAPORACIÓN

INSO

Nh

VIENTO (m/seg.)

PRESIÓN

HUMEDAD

Precipitac.

Piché

Tanque

Horas

Nubes

Presion A Nivel de la Estación

Presion A Nivel del Mar

DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	HUMEDAD		Precipitac. (mm)	Piché (mm)	Tanque (ml)	Horas Decim.	Nubes bajas	VIENTO (m/seg.)				Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
						H. Relat.	T. Vapor						MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
13	35.8	20.3	28.6	21.3	17.9	55	15.4	0.0	13.6	15.6	10.8	1	4.1	7	2	E	1003.4	1005.9	1000.4	1009.6	1012.1	1006.6
14	35.7	24.4	29.9	23.2	20.5	59	17.7	0.0	12.2	13.5	10.4	1	4.6	6	2	E	1002.9	1005.4	999.6	1009.1	1011.6	1005.8
15	37.0	23.9	30.3	24.0	21.5	61	19.3	0.0	10.0	10.8	10.0	1	3.8	8	2	SE	1002.8	1005.5	999.1	1009.0	1011.7	1005.2
16	36.1	26.9	30.4	23.7	20.9	58	18.6	0.0	10.8	10.4	9.1	2	5.0	8	3	E	1003.2	1006.1	1000.4	1009.4	1012.3	1006.6
17	36.5	24.6	29.7	22.6	19.4	56	16.9	0.0	13.1	14.8	10.7	2	4.3	8	2	E	1003.9	1006.6	1001.1	1010.1	1012.8	1007.3
18	36.5	23.2	29.3	22.5	19.4	58	17.0	0.0	10.9	13.5	10.2	2	4.9	9	2	E	1003.7	1006.0	1000.3	1009.9	1012.2	1006.5
19	36.1	24.4	29.7	22.6	19.5	56	17.0	0.0	9.9	12.5	10.5	2	4.8	8	2	E	1004.4	1006.4	1001.5	1010.6	1012.6	1007.7
20	36.8	23.7	30.4	23.0	19.9	56	17.4	0.0	12.4	11.5	11.4	2	4.8	9	2	E	1005.3	1007.5	1001.8	1011.3	1013.7	1008.0
21	36.7	25.2	30.4	23.3	20.3	57	17.9	0.0	12.5	13.1	10.9	1	5.1	8	3	E	1004.4	1006.7	1001.3	1010.6	1012.9	1007.5
22	36.7	25.1	30.0	23.4	20.6	60	18.3	0.0	11.5	11.1	10.9	1	5.3	8	2	E	1003.5	1005.9	1000.8	1009.7	1012.1	1006.9
23	35.2	25.4	30.1	23.6	20.9	59	18.6	0.0	9.8	10.0	5.1	1	4.3	6	2	E	1004.0	1007.1	1000.7	1010.2	1013.3	1006.9
24	36.5	24.5	30.5	23.1	20.0	55	17.6	0.0	13.3	11.3	12.2	1	4.3	8	2	E	1004.0	1006.8	1001.1	1010.2	1013.0	1007.3
25	36.9	25.0	30.8	24.3	21.8	60	19.6	0.0	10.4	11.7	9.1	1	3.9	8	2	E	1003.8	1006.4	1000.4	1010.0	1012.6	1006.5





INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CIUDAD SANDINO	Código:	69027	Año:	ABRIL, 2014	Elevación:	56 msnm	Tipo:	HMP	HNN
Parámetro:	Viento, Temperatura, Evaporación, Presión	Municipio:	MANAGUA	Latitud:	12°08'36"	Longitud:	86°09'49"			

TEMPERATURA °C								EVAPORACIÓN			INSO	Nh	VIENTO (m/seg.)				PRESIÓN					
				HUMEDAD				Precipitac.	Piché	Tanque	Horas	Nubes					Presion A Nivel de la Estación			Presion A Nivel del Mar		
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	(mm)	(mm)	(ml)	Decim.	bajas	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	Max-mb	Min-mb	Med-mb	Max-mb	Min-mb
26	37.3	24.4	30.0	23.3	22.0	65	19.9	0.0	10.4	11.0	10.0	3	4.0	7	2	SE	1003.7	1005.6	1000.8	1009.9	1011.8	1006.9
27	36.4	24.4	30.0	23.8	21.3	62	19.1	0.0	10.8	12.0	9.7	1	4.3	8	2	E	1003.1	1005.6	999.5	1009.3	1011.8	1005.7
28	37.3	24.4	30.8	24.5	22.0	61	19.9	0.0	11.0	10.0	10.4	2	3.5	7	2	SE	1001.9	1004.7	998.6	1008.1	1010.9	1004.8
29	35.9	27.0	31.0	24.7	22.2	61	20.2	0.0	11.5	12.0	7.6	2	4.4	7	2	E	1002.0	1004.2	999.0	1008.1	1010.4	1005.1
30	37.1	26.3	31.2	24.8	22.2	61	20.2	0.0	11.9	13.3	9.1	2	4.7	7	2	SE	1002.8	1004.7	999.5	1009.0	1010.9	1005.6
31																						
SUMA	184.0	126.5	153.0	121.1	109.7	310.0	99.3	0.0	55.6	58.3	46.8	10.0	20.9	36.0	10.0	#¡REF!	5013.5	5024.8	4997.4	5044.4	5055.8	5028.1
MEDIA	36.8	25.3	30.6	24.2	21.9	62.0	19.9	0.0	11.1	11.7	9.4	2.0	4.2	7.2	2.0	-	1002.7	1005.0	999.5	1008.9	1011.2	1005.6
MAX	37.3	27.0	31.2	24.8	22.2	65.0	20.2	0.0	11.9	13.3	10.4	3.0	4.7	8.0	2.0	-	1003.7	1005.6	1000.8	1009.9	1011.8	1006.9
MIN	35.9	24.4	30.0	23.3	21.3	61.0	19.1	0.0	10.4	10.0	7.6	1.0	3.5	7.0	2.0	-	1001.9	1004.2	998.6	1008.1	1010.4	1004.8
DIA	MAX	MIN	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor	5.0	Piché	Tanque	INSOL	Nh	MED.	MAX.	MIN.	DD.PP	Med-mb	-	-	Med-mb	-	-

ANEXO 2. Cálculo del tiempo de fraguado del cemento.

Procedimiento y Equipo.

Equipo.

- Balanza con sensibilidad 0.1 gramos.
- Aparato de Vicat.
- Placa de Vidrio.
- Cronometro.
- Cuarto de curado.
- Probetas graduadas de 200 ó 250 ml.

Procedimiento.

Nota: Para la realización de este ensaye es necesario haber obtenido el porcentaje de agua de la consistencia normal.

La humedad relativa del laboratorio no estará menor del 50 por ciento. El cuarto húmedo debe mantener una humedad relativa de no menor de 90 por ciento.

1. Se debe pesar 500 gramos de cemento, colocarlo en la placa de vidrio y formar un cono cráter central.
2. Medir el agua de consistencia normal en la probeta graduada.
3. Añadir el agua limpia en el cráter del cono por un periodo de 30 segundos.

5. Dejar reposar la mezcla por 30 segundos, para que el cemento absorba el agua. En este periodo el operador puede colocarse los guantes de hule que usará para manipular la mezcla.

6. Humedecer ligeramente los guantes de hule y proceder a amasar la pasta de cemento a mano durante un periodo de 90 segundos a fin de lograr una pasta homogénea.

7. Transcurrido este tiempo se hace una pelota en forma ovalada y se bolea de una mano a la otra seis veces en una distancia aproximada de 15 centímetros.

8. Introducir la pelota formada en el molde cónico por la parte inferior quitando el sobrante con la mano. Se apoya el molde cónico encima de la placa de vidrio, se enrasa y se alisa la base superior con una espátula hasta que la superficie de la pasta no presente irregularidades.

9. Inmediatamente después se coloca el conjunto en el aparato de Vicat. Se lleva el equipo a un cuarto de curado y cuando han transcurrido treinta minutos desde el amasado, coloque la aguja de diámetro 1 mm en contacto con la pasta de cemento, la escala de lectura en cero y afloje el tornillo de presión y deje descender libremente el embolo durante treinta segundos, anotando al final de este periodo la penetración de la misma dentro de la pasta. Anote el valor de la penetración y regrese el conjunto al cuarto de curado.

10. Después de este tiempo y cada 15 minutos (10 minutos para el cemento tipo III), repetir el procedimiento anterior y realizar pruebas de penetración hasta que la aguja de vicat de diámetro 1 mm penetre n la pasta de cemento de 3 a 0 mm.

11. Graficar penetración en milímetros (eje y) versus tiempo en minutos (eje x). De este gráfico obtenga el tiempo de fraguado inicial y final. En el caso del fraguado inicial se expresa en minutos y el de fraguado final en horas.