



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INFORME DE PRÁCTICA PROFESIONAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERA CIVIL

EMPRESA:

CONCREMIX, S. A.

PRESENTADO POR:

11511293 BESSY MARÍA RAMOS RIVERA

ASESORA METODOLÓGICA: ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ

CAMPUS TEGUCIGALPA; ABRIL, 2021

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María.

A mis padres Renán y Bessy.

A mis hermanos Kelvin, Renán, Belén y José C.

A Sky.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por estar siempre presente, brindándome su apoyo y la oportunidad de tener una excelente educación. A mis hermanos por confiar en mí y ayudarme en lo que necesité durante toda mi carrera. A las personas especiales que conocí en la Universidad, en especial a Kevin, Karla y Óscar con quienes pasé incontables noches de desvelo, momentos de estrés pero sobre todo con los que formé los mejores recuerdos a lo largo de mi carrera universitaria, gracias por ser una parte importante de mi vida. Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación a todos mis profesores y porque hicieron que al finalizar cada clase, me sintiera más segura de haber escogido esta carrera. Agradezco a CONCREMIX, S. A. por haberme abierto sus puertas y no dudar en brindarme todo el conocimiento que como Ingeniero Civil se debe tener en todo ámbito relacionado con la calidad del concreto premezclado. A UNITEC, por haber sido mi segunda casa durante los últimos años, por educarme y prepararme como una futura profesional.

Gracias a todos mis familiares y amigos por siempre creer en mí.

"Lo que sabemos es una gota; lo que no ignoramos, un océano."

-Isaac Newton

RESUMEN EJECUTIVO

La práctica profesional se ha realizado en la empresa CONCREMIX, S. A., la cual ha tenido como objetivo principal participar en los procesos de control de calidad del concreto premezclado y sus componentes, bajo las normas del Instituto Americano del Concreto (ACI) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) establecidas para producción industrial. De manera específica, se ha supervisado y verificado mediante pruebas de laboratorio la calidad de los componentes del concreto. Para garantizar que los dos tipos de cemento utilizados en CONCREMIX, S. A., tipo I y HE-R, son aptos para ser utilizados en una mezcla de concreto se ha verificado mediante las pruebas estándar ASTM C230, ASTM C188 y ASTM C204 que el flujo, densidad y fineza estuvieran dentro de los valores permitidos por el ACI y la ASTM. Asimismo, se ha verificado mediante la prueba ASTM C109 que la resistencia a la compresión del cemento cumpliera con los requisitos de la norma ASTM C150 para cemento tipo I y ASTM C1157 para cemento HE-R.

El control de calidad del concreto premezclado ha consistido en verificar que el revenimiento según norma ASTM C143, la temperatura según normas ASTM C1064 y ACI 305 y que la densidad del concreto estuviera en el rango de densidad para un concreto de peso normal, según normas ASTM C138 y ACI 318S-14.

Asimismo, se ha participado en la elaboración de mezclas de concreto en laboratorio con el propósito de monitorear cambios en algunas propiedades, a medida transcurre el tiempo. Se han comparado los resultados de las pruebas en el cemento de ARGOS, proveedor único de cemento, con los resultados obtenidos en el laboratorio de la empresa, de donde se ha concluido que existen diferencias significativas.

Adicionalmente como iniciativa de la alumna practicante, se han estandarizado los formatos actuales de MS Excel que son utilizados en pruebas de laboratorio para el control de calidad del cemento y se ha participado en la documentación de procedimientos para el control de calidad de la materia prima del concreto premezclado de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015.

Palabras clave: cemento, concreto, premezclado, laboratorio, resistencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Generalidades de la empresa	3
2.1	Descripción de la empresa	3
2.1.1	Reseña histórica	3
2.1.2	Misión	4
2.1.3	Visión.....	4
2.1.4	Valores.....	4
2.1.5	Certificaciones.....	5
2.1.6	Organigrama	6
2.1.7	Principales proyectos	6
2.2	Descripción del departamento	9
2.3	Objetivo de puesto.....	10
2.3.1	Objetivo general	10
2.3.2	Objetivos específicos.....	10
III.	Marco teórico.....	11
3.1	Concreto hidráulico.....	11
3.1.1	Cemento Portland	13
3.1.1.1	Fabricación del cemento Portland.....	13
3.1.1.2	Tipos de cemento Portland.....	15
3.1.1.3	Tipos de cementos hidráulicos	16
3.1.2	Agregados pétreos.....	17
3.1.2.1	Características de los agregados.....	19
3.1.3	Agua	20

3.1.4	Aditivos.....	21
3.2	Normativas para concreto	22
3.2.1	ACI.....	22
3.2.2	ASTM Internacional.....	23
3.3	Control de calidad del concreto premezclado	24
3.3.1	Ensayos en los agregados	25
3.3.1.1	ASTM C136 – Granulometrías para agregados finos y gruesos.....	25
3.3.1.2	ASTM C127/128 – Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos/finos	27
3.3.1.3	ASTM C566 – Contenido de humedad de los agregados	27
3.3.1.4	ASTM C40 – Impurezas orgánicas en agregados finos	28
3.3.2	Ensayos en el cemento	29
3.3.2.1	ASTM C230 – Flujo para pruebas de cemento	29
3.3.2.2	ASTM C188 – Densidad del cemento.....	30
3.3.2.3	ASTM C204 – Fineza del cemento	32
3.3.2.4	ASTM C109 – Resistencia a la compresión de cubos de cemento.....	32
3.3.3	Ensayos en el concreto recién mezclado	34
3.3.3.1	ASTM C172 – Muestreo del concreto.....	34
3.3.3.2	ASTM C1064 – Temperatura en el concreto	35
3.3.3.3	ASTM C143 – Determinación del revenimiento	36
3.3.3.4	ASTM C138 – Determinación por el método gravimétrico el peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto	37
3.3.3.5	ASTM C231 – Método a presión para determinar el contenido de aire	38
3.3.4	Ensayos en el concreto endurecido	39

3.3.4.1	ASTM C39 – Resistencia a la compresión de cilindros de concreto	39
3.4	Dosificación, mezclado, transporte y manejo del concreto.....	40
3.4.1	Dosificación.....	41
3.4.2	Mezclado del concreto	42
3.4.2.1	Concreto premezclado.....	42
3.4.3	Transporte y manejo del concreto	44
3.4.3.1	Elección del mejor método	46
3.5	Estadística aplicada para control de calidad del concreto	46
3.5.1	Estadística descriptiva	46
3.5.2	Estadística inferencial	47
3.5.2.1	Prueba de normalidad.....	47
3.5.2.2	Intervalos de confianza para la media poblacional.....	48
3.5.2.3	Intervalos de predicción para la media poblacional.....	49
3.5.2.4	Pruebas de hipótesis para la media poblacional	50
3.5.2.5	Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias.....	51
IV.	Desarrollo	52
4.1	Descripción del trabajo realizado	52
4.1.1	Semana 1, del 18 al 22 de enero	52
4.1.1.1	Lunes 18 de enero del 2021.....	52
4.1.1.2	Martes 19 de enero del 2021	54
4.1.1.3	Miércoles 20 de enero del 2021.....	55
4.1.1.4	Jueves 21 de enero del 2021	56
4.1.1.5	Viernes 22 de enero del 2021.....	56
4.1.2	Semana 2, del 25 al 29 de enero	58

4.1.2.1	Lunes 25 de enero del 2021.....	59
4.1.2.2	Martes 26 de enero del 2021	60
4.1.2.3	Miércoles 27 de enero del 2021.....	61
4.1.2.4	Jueves 28 de enero del 2021	62
4.1.2.5	Viernes 29 de enero del 2021.....	62
4.1.3	Semana 3, del 01 al 05 de febrero	64
4.1.3.1	Lunes 01 de febrero del 2021.....	64
4.1.3.2	Martes 02 de febrero del 2021	65
4.1.3.3	Miércoles 03 de febrero del 2021.....	67
4.1.3.4	Jueves 04 de febrero del 2021	68
4.1.3.5	Viernes 05 de febrero del 2021	69
4.1.4	Semana 4, del 08 al 12 de febrero	69
4.1.4.1	Lunes 08 de febrero del 2021.....	70
4.1.4.2	Martes 09 de febrero del 2021	72
4.1.4.3	Miércoles 10 de febrero del 2021.....	72
4.1.4.4	Jueves 11 de febrero del 2021	76
4.1.4.5	Viernes 12 de febrero del 2021	78
4.1.5	Semana 5, del 15 al 19 de febrero	79
4.1.5.1	Lunes 15 de febrero del 2021.....	79
4.1.5.2	Martes 16 de febrero del 2021	80
4.1.5.3	Miércoles 17 de febrero del 2021.....	81
4.1.5.4	Jueves 18 de febrero del 2021	83
4.1.5.5	Viernes 19 de febrero del 2021	85
4.1.6	Semana 6, del 22 al 26 de febrero	87

4.1.6.1	Lunes 22 de febrero del 2021.....	88
4.1.6.2	Martes 23 de febrero del 2021	89
4.1.6.3	Miércoles 24 de febrero del 2021.....	92
4.1.6.4	Jueves 25 de febrero el 2021.....	93
4.1.6.5	Viernes 26 de febrero del 2021	95
4.1.7	Semana 7, del 01 al 05 de marzo	97
4.1.7.1	Lunes 01 de marzo del 2021.....	98
4.1.7.2	Martes 02 de marzo del 2021	99
4.1.7.3	Miércoles 03 de marzo del 2021	101
4.1.7.4	Jueves 04 de marzo del 2021	103
4.1.7.5	Viernes 05 de marzo del 2021.....	105
4.1.8	Semana 8, del 08 al 12 de marzo	107
4.1.8.1	Lunes 08 de marzo del 2021.....	108
4.1.8.2	Martes 09 de marzo del 2021	110
4.1.8.3	Miércoles 10 de marzo del 2021	112
4.1.8.4	Jueves 11 de marzo del 2021	118
4.1.8.5	Viernes 12 de marzo del 2021.....	121
4.1.9	Semana 9, del 15 al 19 de marzo	123
4.1.9.1	Lunes 15 de marzo del 2021.....	124
4.1.9.2	Martes 16 de marzo del 2021	126
4.1.9.3	Miércoles 17 de marzo del 2021.....	127
4.1.9.4	Jueves 18 de marzo del 2021	129
4.1.9.5	Viernes 19 de marzo del 2021.....	133
4.1.10	Semana 9, del 22 al 26 de marzo	134

4.1.10.1	Lunes 22 de marzo del 2021	135
4.1.10.2	Martes 23 de marzo del 2021	136
4.1.10.3	Miércoles 24 de marzo del 2021	138
4.1.10.4	Jueves 25 de marzo del 2021.....	139
4.1.10.5	Viernes 26 de marzo del 2021	141
V.	Conclusiones.....	144
VI.	Recomendaciones.....	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Isologo de Concremix.....	4
Ilustración 2.	Certificación ACI	5
Ilustración 3.	Certificación ISO 9001:2015	6
Ilustración 4.	Organigrama general de Concremix.....	6
Ilustración 5.	Centro Cívico Gubernamental, Tegucigalpa, M.D.C.	7
Ilustración 6.	Centro Morazán, Tegucigalpa, M.D.C.....	7
Ilustración 7.	Banco Central de Honduras, Tegucigalpa, M.D.C.	8
Ilustración 8.	Torres Metrópolis, Tegucigalpa, M.D.C.....	8
Ilustración 9.	Ecovivienda Fase II, Tegucigalpa, M.D.C.....	9
Ilustración 10.	Componentes del concreto: cemento, agua y agregados.	11
Ilustración 11.	Cilindros de pasta de cemento con relaciones a/c distintas.....	12
Ilustración 12.	Cemento Portland	13
Ilustración 13.	Clínker de 20 mm de diámetro.....	14
Ilustración 14.	Agregado fino (arena).....	18
Ilustración 15.	Agregado grueso: grava redondeada (izquierda) y piedra triturada (derecha)	18
Ilustración 16.	Aditivos líquidos.....	22
Ilustración 17.	Ensayo de granulometría en agregados para el concreto	26
Ilustración 18.	Ensayo ASTM C40 de impurezas orgánicas en agregado fino	29
Ilustración 19.	Mesa de flujo para el ensayo ASTM C230.....	30

Ilustración 20. Matraz Le Chatelier para densidad del cemento.....	31
Ilustración 21. Aparato de Blaine	32
Ilustración 22. Cubos de cemento para ensayo de resistencia a la compresión del mortero	33
Ilustración 23. Ensayo de temperatura en el concreto fresco	35
Ilustración 24. Ensayo de revenimiento para la consistencia del concreto	36
Ilustración 25. Ensayo de densidad del concreto fresco	38
Ilustración 26. Ensayo para determinar contenido de aire con método de presión	39
Ilustración 27. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto	40
Ilustración 28. Sala de control de los equipos de dosificación en una planta típica de concreto premezclado	41
Ilustración 29. Mezclado en central en una mezcladora estacionaria.....	43
Ilustración 30. Concreto mezclado completamente en camión mezclador.....	43
Ilustración 31. Etapas de la producción del concreto en una planta mezcladora.....	44
Ilustración 32. Instalaciones de Concremix	53
Ilustración 33. Espacio de trabajo en Concremix	53
Ilustración 34. Abastecimiento de cemento ARGOS.....	54
Ilustración 35. Revisión de literatura norma ASTM C138.....	54
Ilustración 36. Introducción del procedimiento para aplicación de norma ASTM C138	55
Ilustración 37. Diagrama de flujo de funciones cruzadas para aplicación de ASTM C138	56
Ilustración 38. Ensayo de densidad ASTM C138	57
Ilustración 39. Determinación del revenimiento del concreto premezclado.....	57
Ilustración 40. Determinación del flujo del cemento.....	58
Ilustración 41. Preparación de cubos de cemento	58
Ilustración 42. Hoja en MS Excel para cálculo de densidad, rendimiento y contenido de aire en el concreto.....	59
Ilustración 43. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento	60
Ilustración 44. Informe de concreto postensado	61
Ilustración 45. Acacias, San Ignacio.....	61
Ilustración 46. Ensayos en el concreto premezclado	62

Ilustración 47. Toma de datos para ensayos en el concreto.....	63
Ilustración 48. Informe de resultados de ensayos 28-ene.....	63
Ilustración 49. Concreto TREMIE de 42 MPa.....	65
Ilustración 50. Personal de ARGOS en capacitación sobre capacitación del permeabilímetro	66
Ilustración 51. Permeabilímetro (aparato Blaine).....	66
Ilustración 52. Mercurio utilizado en calibración del permeabilímetro	67
Ilustración 53. Portada de informe comparación Concremix y ARGOS.....	68
Ilustración 54. Gráficas en informe comparación Concremix y ARGOS	68
Ilustración 55. Ensayo ASTM C231 para contenido de aire del concreto fresco.....	69
Ilustración 56. Datos recolectados en ensayos en el concreto	69
Ilustración 57. Determinación de la densidad de aditivos.....	70
Ilustración 58. Prueba de flujo del cemento	71
Ilustración 59. Cubos de cemento	71
Ilustración 60. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento	72
Ilustración 61. Portada del procedimiento para calibración del aparato de Blaine documentado	73
Ilustración 62. Parte del procedimiento de calibración del aparato de Blaine	73
Ilustración 63. Mezcla de concreto en laboratorio	74
Ilustración 64. Determinación de humedades en agregados.....	74
Ilustración 65. Revenimiento del concreto TREMIE en laboratorio.....	75
Ilustración 66. Determinación de la densidad del concreto TREMIE en laboratorio	75
Ilustración 67. Resultados de densidad del concreto TREMIE en laboratorio	76
Ilustración 68. Densidad del concreto con Admix F5	77
Ilustración 69. Comparación de densidades de concreto TREMIE en laboratorio	78
Ilustración 70. Cubos de cemento a ensayados a compresión.....	78
Ilustración 71. Cubos de cemento tipo I y HE-R.....	79
Ilustración 72. Ensayo de densidad de cemento HE-R	80
Ilustración 73. Ensayo de compresión en cubos de cemento	80
Ilustración 74. Dosificación en planta.....	81
Ilustración 75. Ensayo de densidad del cemento HE-R después de 24 horas	81

Ilustración 76. Cálculo de contenido de humedad de agregados finos (izquierda) y gruesos (derecha).....	82
Ilustración 77. Ensayo de densidad del concreto para experimento.....	82
Ilustración 78. Ensayo de contenido de aire del concreto para experimento.....	83
Ilustración 79. Determinación del revenimiento en concreto fresco.....	83
Ilustración 80. Determinación de la densidad del concreto fresco.....	84
Ilustración 81. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.....	84
Ilustración 82. Resistencia a la compresión de cubos de cemento.....	85
Ilustración 83. Ensayo ASTM C1064 en concreto fresco.....	85
Ilustración 84. Ensayo ASTM C143 en concreto fresco.....	86
Ilustración 85. Ensayo ASTM C138 en concreto fresco.....	86
Ilustración 86. Informes de ensayos en el concreto fresco del 18 y 19 de febrero.....	87
Ilustración 87. Flujo del cemento.....	88
Ilustración 88. Cubos de cemento.....	88
Ilustración 89. Ensayo en cubos de cemento HE-R.....	89
Ilustración 90. Tótems de aditivos en planta.....	89
Ilustración 91. Certificado de calidad de aditivo.....	90
Ilustración 92. Cuadro para control de aditivos en planta.....	90
Ilustración 93. Mezcla de cemento con arena Ottawa y agua.....	91
Ilustración 94. Verificación del flujo del cemento.....	91
Ilustración 95. Prueba de compresión en cubos de cemento.....	92
Ilustración 96. Ensayo de fineza con aparato de Blaine.....	92
Ilustración 97. Pesado de la muestra de cemento.....	93
Ilustración 98. Ensayo de compresión en cubos de cemento.....	93
Ilustración 99. Ensayo de densidad del cemento.....	94
Ilustración 100. Cubos de cemento a compresión.....	94
Ilustración 101. Formato para análisis del cemento.....	95
Ilustración 102. Temperatura del concreto fresco.....	95
Ilustración 103. Espacio designado para pruebas en concreto fresco.....	96

Ilustración 104. Muestras de aditivos Admix.....	96
Ilustración 105. Ensayos en cubos de cemento a 3 días	97
Ilustración 106. Muestras del cemento a ser ensayado.....	98
Ilustración 107. Cubos de cemento elaborados según ASTM C109.....	98
Ilustración 108. Ensayo ASTM C230 flujo para pruebas de cemento.....	99
Ilustración 109. Toma de temperatura del cemento y agua destilada	99
Ilustración 110. Limpieza de moldes para cubos de cemento.....	100
Ilustración 111. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento a 1 día	100
Ilustración 112. Cubos de cemento reposando en agua dentro de cámara de humedad	101
Ilustración 113. Cubos de cemento elaborados según norma ASTM C109	101
Ilustración 114. Desencofrado de cubos de cemento.....	102
Ilustración 115. Rotulación de cubos de cemento previo a ser ensayados a compresión.....	102
Ilustración 116. Formato de MS Excel para resultados de resistencia a la compresión de cubos de cemento.....	103
Ilustración 117. Ingreso de cemento en matraz para ensayo de peso específico del cemento ..	103
Ilustración 118. Matraces preparados en cámara de humedad	104
Ilustración 119. Permeabilímetro de Blaine para conocer finura del cemento.....	104
Ilustración 120. Determinación del revenimiento del concreto recién mezclado	105
Ilustración 121. Pesado del molde con concreto para ensayo ASTM C138.....	105
Ilustración 122. Prueba en cemento con personal de Lazarus.....	106
Ilustración 123. Medición de extensibilidad de la pasta de cemento	106
Ilustración 124. Cálculo de resistencia a la compresión de cubos de cemento	107
Ilustración 125. Colocación de cubos de cemento en máquina de compresión	108
Ilustración 126. Limpieza de moldes para ensayo de cubos de cemento	109
Ilustración 127. Ensayo de flujo del cemento bajo supervisión.....	109
Ilustración 128. Cubos de cementos en cámara de humedad.....	110
Ilustración 129. Ensayo ASTM C109 para cálculo de resistencia a la compresión.....	110
Ilustración 130. Dosificación de mezclas de concreto	111
Ilustración 131. Cubos elaborados según norma ASTM C109	111

Ilustración 132. Determinación de la resistencia a la compresión de cubos de cemento	112
Ilustración 133. Formato nuevo para análisis de resistencia a la compresión de cubos de cemento	112
Ilustración 134. Ingreso de fechas en nuevo formato para análisis de cubos de cemento.....	113
Ilustración 135. Edades de ensayo en nuevo formato para análisis de cubos de cemento	114
Ilustración 136. Cálculo de resistencia a la compresión en nuevo formato para análisis de cubos de cemento	115
Ilustración 137. Comparación de resultados en nuevo formato para análisis de cubos de cemento	116
Ilustración 138. Advertencias en nuevo formato para análisis de cubos de cemento.....	117
Ilustración 139. Matraz con removedor de concreto	117
Ilustración 140. Cubos para ensayo de resistencia a la compresión	118
Ilustración 141. Rango de velocidades para aplicación de carga en ensayo de resistencia a la compresión.....	118
Ilustración 142. Reporte de pruebas de laboratorio realizadas en el cemento.....	119
Ilustración 143. Informe resultados de ensayos en el cemento en febrero 2021 #1	120
Ilustración 144. Informe resultados de ensayos en el cemento en febrero 2021 #2	121
Ilustración 145. Cubos de cemento elaborados de acuerdo con ASTM C109.....	121
Ilustración 146. Ensayo de resistencia a la compresión en cubos de cemento.....	122
Ilustración 147. Portada de informe del cemento en febrero de 2021	122
Ilustración 148. Informe de resultados en concreto recién mezclado	123
Ilustración 149. Determinación de resistencia a la compresión de cubos de cemento	124
Ilustración 150. Limpieza de moldes para elaboración de cubos de cemento.....	125
Ilustración 151. Formato preliminar para cálculo de la fineza del cemento	125
Ilustración 152. Engrasado de moldes para cubos de cemento	126
Ilustración 153. Pasta del mortero en los moldes para ensayo ASTM C109	126
Ilustración 154. Cubo de cemento en máquina de compresión	127
Ilustración 155. Cubos de cementos rotulados	127
Ilustración 156. Cubo de cemento en ensayo para determinar resistencia a la compresión.....	128

Ilustración 157. Caras de cubo de cemento.....	128
Ilustración 158. Matraces con queroseno en cámara de humedad.....	129
Ilustración 159. Cubos de cemento en cámara de humedad.....	129
Ilustración 160. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento ASTM C109.....	130
Ilustración 161. Laboratoristas de ARGOS para realizar ensayo ASTM C109.....	130
Ilustración 162. Muestra de cemento para ensayo ASTM C188.....	131
Ilustración 163. Toma de lectura inicial en ensayo ASTM C188.....	131
Ilustración 164. Cemento acumulado en ensayo ASTM C188.....	132
Ilustración 165. Aire atrapado en el matraz en ensayo ASTM C188.....	132
Ilustración 166. Matraces secándose en horno.....	133
Ilustración 167. Ensayo de cubos de cemento a 28 días según norma ASTM C109.....	133
Ilustración 168. Limpieza y removido de mortero en moldes para ensayo ASTM C109.....	134
Ilustración 169. Formato preliminar para cálculo del peso específico del cemento ASTM C188.....	134
Ilustración 170. Limpieza de moldes utilizados cubos de cemento.....	135
Ilustración 171. Aplicación de aceite en moldes para cubos de cemento.....	135
Ilustración 172. Cubos de cemento elaborados según norma ASTM C109 en cámara de humedad.....	136
Ilustración 173. Resistencia a la compresión de cubos de cemento según norma ASTM C109..	136
Ilustración 174. Determinación de resistencia a la compresión del cemento según norma ASTM C109.....	137
Ilustración 175. Preparación de moldes utilizados en cubos de cemento.....	137
Ilustración 176. Correcciones en nuevo formato para análisis de resistencia a la compresión de cubos de cemento.....	138
Ilustración 177. Ensayo ASTM C109 para cubos de cemento.....	138
Ilustración 178. Supervisión al nuevo practicante en ensayo ASTM C109.....	139
Ilustración 179. Traspaso de información de ensayos en el cemento al nuevo formato.....	139
Ilustración 180. Ensayo ASTM C188 para peso específico del cemento.....	140
Ilustración 181. Supervisión al nuevo practicante en ensayo ASTM C188.....	140
Ilustración 182. Manejo de máquina de compresión en ensayo en cubos de cemento.....	140

Ilustración 183. Finalización de traspaso de información de los ensayos en el cemento a nuevos formatos para el análisis del cemento	141
Ilustración 184. Materiales para ensayo ASTM C109.....	141
Ilustración 185. Muestras de cemento enviadas a ARGOS.....	142
Ilustración 186. Visita de cierre de asesora metodológica en CONCREMIX, S. A.....	142
Ilustración 187. Hoja resumen de ensayos en el cemento en MS Excel.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características y ensayos de los agregados	19
Tabla 2. Criterios de aceptación para abastecimiento de aguas dudosas	20
Tabla 3. Límites químicos para aguas usadas en mezclas de concreto.....	20
Tabla 4. Aditivos para concreto según su clasificación.....	21
Tabla 5. Ejemplos de códigos y especificaciones de la ACI	23
Tabla 6. Ejemplos de grupos a los que la ASTM asigna normas.....	24
Tabla 7. Métodos y equipos para el transporte y manejo del concreto	45
Tabla 8. Resumen de actividades semana 1	52
Tabla 9. Resumen de actividades semana 2	59
Tabla 10. Resumen de actividades semana 3.....	64
Tabla 11. Resumen de actividades semana 4.....	70
Tabla 12. Resumen de actividades semana 5.....	79
Tabla 13. Resumen de actividades semana 6.....	87
Tabla 14. Resumen de actividades semana 7	97
Tabla 15. Resumen de actividades semana 8.....	108
Tabla 16. Resumen de actividades semana 9.....	124
Tabla 17. Resumen de actividades semana 10.....	135
Tabla 18. Bitácora lunes de semana 1	151
Tabla 19. Bitácora martes de semana 1	152
Tabla 20. Bitácora miércoles de semana 1	152
Tabla 21. Bitácora jueves de semana 1	153
Tabla 22. Bitácora viernes de semana 1.....	153

Tabla 23. Bitácora lunes de semana 2	155
Tabla 24. Bitácora martes de semana 2	156
Tabla 25. Bitácora miércoles de semana 2	156
Tabla 26. Bitácora jueves de semana 2	157
Tabla 27. Bitácora viernes de semana 2.....	157
Tabla 28. Bitácora lunes de semana 3	158
Tabla 29. Bitácora martes de semana 3	159
Tabla 30. Bitácora miércoles de semana 3	160
Tabla 31. Bitácora jueves de semana 3	160
Tabla 32. Bitácora viernes de semana 3.....	161
Tabla 33. Bitácora lunes de semana 4	162
Tabla 34. Bitácora martes de semana 4	163
Tabla 35. Bitácora miércoles de semana 4	164
Tabla 36. Bitácora jueves de semana 4	165
Tabla 37. Bitácora viernes de semana 4.....	165
Tabla 38. Bitácora lunes de semana 5	166
Tabla 39. Bitácora martes de semana 5	167
Tabla 40. Bitácora miércoles de semana 5	168
Tabla 41. Bitácora jueves de semana 5	169
Tabla 42. Bitácora viernes de semana 5.....	170
Tabla 43. Bitácora lunes de semana 6	171
Tabla 44. Bitácora martes de semana 6.....	172
Tabla 45. Bitácora miércoles de semana 6	173
Tabla 46. Bitácora jueves de semana 6	174
Tabla 47. Bitácora viernes de semana 6.....	175
Tabla 48. Bitácora lunes de semana 7	176
Tabla 49. Bitácora martes de semana 7	177
Tabla 50. Bitácora miércoles de semana 7	178
Tabla 51. Bitácora jueves de semana 7	179

Tabla 52. Bitácora viernes de semana 7.....	180
Tabla 53. Bitácora lunes de semana 8.....	181
Tabla 54. Bitácora martes de semana 8.....	182
Tabla 55. Bitácora miércoles de semana 8.....	183
Tabla 56. Bitácora jueves de semana 8.....	184
Tabla 57. Bitácora viernes de semana 8.....	185
Tabla 58. Bitácora lunes de semana 9.....	187
Tabla 59. Bitácora martes de semana 9.....	188
Tabla 60. Bitácora miércoles de semana 9.....	189
Tabla 61. Bitácora jueves de semana 9.....	190
Tabla 62. Bitácora viernes de semana 9.....	192
Tabla 63. Bitácora lunes de semana 10.....	193
Tabla 64. Bitácora martes de semana 10.....	194
Tabla 65. Bitácora miércoles de semana 10.....	195
Tabla 66. Bitácora jueves de semana 10.....	196
Tabla 67. Bitácora viernes de semana 10.....	197

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Bitácora semana 1: 18/01/21 – 22/01/21.....	151
Anexo 2. Bitácora semana 2: 25/01/21 – 29/01/21.....	155
Anexo 3. Bitácora semana 3: 01/02/21 – 05/02/21.....	158
Anexo 4. Bitácora semana 4: 08/02/21 – 12/02/21.....	162
Anexo 5. Bitácora semana 5: 15/02/21 – 19/02/21.....	166
Anexo 6. Bitácora semana 6: 22/02/21 – 26/02/21.....	171
Anexo 7. Bitácora semana 7: 01/03/21 – 05/03/21.....	176
Anexo 8. Bitácora semana 8: 08/03/21 – 12/03/21.....	181
Anexo 9. Bitácora semana 9: 15/03/21 – 19/03/21.....	187
Anexo 10. Bitácora semana 10: 22/03/21 – 26/03/21.....	193

SIGLAS

a/c	Relación agua cemento
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Association
ASTM	American Society for Testing and Materials
EPP	Equipo de protección personal
PCA	Portland Cement Association
SH	Seco al horno
SSS	Superficie seca saturada
UNITEC	Universidad Tecnológica Centroamericana

GLOSARIO

Absorción de agua: "el proceso por el cual un líquido (agua) se traga y tiende a llenar los poros permeables en un sólido poroso." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 397)

Aditivo: "material, que no sea agua, agregado y cemento hidráulico, usado como ingrediente del concreto, del mortero, del groute o del revoque y adicionado a la amasada inmediatamente antes o durante el mezclado." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 397)

Agregado: "material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno enfriada al aire, la vermiculita y la perlita." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 397)

Agregado fino: "consiste en arena natural o piedra triturada, con la mayoría de sus partículas menores que 5 mm (0.2 pulg.)." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 397)

Agregado grueso: "consisten en una o en la combinación de gravas o piedras trituradas con partículas predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 37.5 mm ($\frac{3}{8}$ " y 1 $\frac{1}{2}$ ".) (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 397)

Cemento hidráulico: "el cemento que se fragua y se endurece por la reacción química con el agua y es capaz de endurecerse incluso bajo el agua. (Véase también cemento Portland)." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 398)

Cemento Portland: "cemento hidráulico de silicato de calcio que se produce por la pulverización del clinker de cemento portland y normalmente también contiene sulfato de calcio y otros compuestos. (Véase también cemento hidráulico)." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 398)

Concreto Portland: "mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 399)

Concreto premezclado: "se dosifica y se mezcla fuera de la obra y se entrega en la construcción en el estado fresco y no endurecido." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 399)

Control de calidad: "acciones realizadas por el productor o el contratista, a fin de proveer un control sobre lo que se está haciendo y sobre lo que se está suministrando, para que las normas de buenas prácticas de obra se sigan." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 400)

Dosificación: "proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una amasada de concreto, mortero, groute o revoque." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 400)

Fraguado: "grado en el cual el concreto fresco perdió su plasticidad y se endurece." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 401)

Peso unitario: "densidad del concreto fresco o del agregado, que normalmente se determina pesándose un volumen conocido de concreto o agregado (la densidad a granel o suelta de los agregados incluye los vacíos entre las partículas)." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 402)

Plastificante: "aditivo que aumenta la plasticidad del concreto, mortero, groute o revoque de cemento portland." (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 402)

Reductor de agua: "aditivo cuyas propiedades permiten una reducción del agua necesaria para producir una mezcla de concreto con un cierto revenimiento, reducir la relación agua-cemento,

reducir el contenido de cemento o aumentar el revenimiento.” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 402)

Relación a/c: “la cantidad de agua utilizada con relación a la cantidad de cemento.” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 402)

Resistencia a la compresión: “resistencia máxima que una probeta de concreto, mortero o groute puede sostener, cuando cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.² o psi).” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 402)

Revenimiento: “medida de consistencia del concreto fresco, igual al asentamiento inmediato de una probeta moldeada con un cono normalizado.” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 402)

Valor p: “medida de la fuerza de la evidencia en los datos en contra de H_0 .” (Minitab, 2019)

I. INTRODUCCIÓN

El concreto hidráulico es considerado el material de construcción más utilizado en todo el mundo debido a su versatilidad en cuanto a forma (se puede moldear), función (uso estructural y no estructural) y economía. En obras de construcción el concreto puede ser elaborado in-situ o en una planta de producción de concreto, convirtiéndolo en un concreto premezclado (Sánchez, 2001).

CONCREMIX, S. A. es una empresa productora de concreto premezclado que ofrece sus productos en Tegucigalpa, M.D.C. y sus alrededores, con control de calidad en todo el proceso de producción. El Departamento de Calidad de CONCREMIX, S. A. es el encargado de garantizar que tanto los componentes del concreto premezclado, como el producto final cumplan con los requisitos exigidos por las normas ASTM y ACI.

De acuerdo con la experiencia de la alumna Bessy Ramos durante la Práctica Profesional, se mostrará cómo el concreto premezclado garantiza la calidad del producto final en comparación con concreto mezclado in-situ, ya que involucra un riguroso control de calidad durante todo el proceso de producción, avalado no sólo por pruebas de laboratorio realizadas en el producto final, sino por diferentes controles de calidad en los componentes del concreto hidráulico, a través de procedimientos que generan estadísticas resultantes de pruebas de laboratorio realizadas por personal capacitado.

Entre las principales actividades realizadas por la alumna practicante se mostrarán las evidencias de la supervisión y verificación de los procesos de control de calidad del concreto premezclado y sus componentes, a través de pruebas de laboratorio en el concreto recién mezclado y endurecido, agregados, cemento y aditivos.

Con los resultados obtenidos y aplicando la estadística descriptiva e inferencial se evidenciará el desempeño de la materia prima y producto final, información que podrá utilizarle para inferir sobre futuros resultados, evaluar la situación actual y analizar los factores que afecten el desempeño de los materiales y consecuentemente la calidad del concreto, para concluir en

función de los hallazgos y proponer oportunidades de mejora para superar la calidad del concreto premezclado de acuerdo con las solicitudes del cliente.

La alumna practicante mostrará en las conclusiones del informe de práctica profesional el cumplimiento de cada uno de los objetivos, lo que de forma resumida consistieron en la evaluación del concreto premezclado y sus componentes desde el laboratorio de CONCREMIX, con énfasis en el cemento y el concreto recién mezclado mediante la aplicación de las normas ACI y ASTM.

Asimismo, en la bitácora podrá observarse cómo por iniciativa de la alumna practicante se llevó a cabo la actualización de los formatos para los ensayos de ASTM C109, ASTM C188 y ASTM C204, así como un formato para la hoja resumen de los tres ensayos. La participación de la alumna practicante en la evaluación de la calidad del cemento y aditivos logró que las empresas ARGOS y Lazarus&Lazarus visitaran la empresa CONCREMIX, S. A. para realizar pruebas de calidad, ya que los resultados obtenidos diferían de las especificaciones de fábrica, logro que fue reconocido tanto por CONCREMIX, S. A., como por ARGOS y Lazarus&Lazarus.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1.1 RESEÑA HISTÓRICA

CONCREMIX, S. A., fundada en Tegucigalpa, M.D.C. el 14 de marzo del 2008 nació como una alternativa para atender la demanda de concreto premezclado de la ciudad capital y sus alrededores. Inició operaciones el primero de agosto de 2008, ubicando su plantel principal en la Colonia La Era de Tegucigalpa, donde continúa operando doce (12) años después. El crecimiento de la empresa exigió la inversión en la contratación y capacitación de recurso humano e infraestructura, con una capacidad instalada y equipo consistente en tres (3) dosificadoras de concreto para una producción masiva, infraestructura móvil en equipo para transporte y suministros de concreto de largo alcance, además de contar con sistemas automatizados, área de operaciones para los camiones de mezclado para el transporte del concreto y plantel acondicionado para alojar adecuadamente la materia prima necesaria para la producción de concreto premezclado.

CONCREMIX, S. A. cuenta con recurso humano altamente capacitado en las distintas áreas de los procesos de producción, así como con las certificaciones adecuadas que respaldan la calidad de los procesos de producción producto final. En 2010 CONCREMIX, S. A. adopta prácticas de calidad con el fin de generar una mejora continua, evolucionando a través de los años hasta que en 2018 se logra la certificación ISO 9001:2015, constituyéndose como la primera empresa del sector en contar con un Sistema de Gestión de Calidad certificado. (CONCREMIX, S. A., 2021).



Ilustración 1. Isologo de CONCREMIX, S. A.

(CONCREMIX, S. A., 2021)

2.1.2 MISIÓN

“Ser una empresa especializada en el diseño, producción y venta de concreto premezclado en donde nuestra meta siempre será un alto control de calidad en todos sus procesos y la satisfacción de nuestros clientes” (CONCREMIX, S. A., 2021)

2.1.3 VISIÓN

“Fortalecer el liderazgo y confiabilidad de nuestra empresa, orientando la organización hacia un sistema de mejora continua en la producción de concreto premezclado, con enfoques en precios competitivos, calidad e innovación” (CONCREMIX, S. A., 2021)

2.1.4 VALORES

1. “Honestidad: cualidad que tiene nuestro capital humano congruente con su forma de sentir, pensar, y actuar
2. Respeto: tratamos con respeto y amabilidad a todos nuestros colaboradores y clientes actuales y potenciales, porque consideramos que el respeto por las personas es lo más importante
3. Transparencia: somos transparentes y procuramos agregar valor en cada una de nuestras actuaciones

4. Ética: buscamos de manera permanente que nuestro personal actúe de acuerdo con las normas establecidas de la buena costumbre y la moral
5. Solidaridad: sentimiento de unidad que caracteriza de manera permanente a nuestro personal en el trato diario con colaboradores y clientes
6. Eficiencia: buscamos siempre la mejor utilización de los recursos disponibles para lograr nuestros objetivos en beneficio de la empresa y clientes
7. Esfuerzo: ponemos nuestro mejor esfuerzo mental, visual y físico en cada trabajo que realizamos
8. Confianza: fomentamos la capacidad de todo el capital humano, generando confianza en nuestro mercado de competencia, para cumplir con lo prometido en el tiempo previsto”.

(CONCREMIX, S. A., 2021)

2.1.5 CERTIFICACIONES

CONCREMIX, S. A. se encuentra certificada por el Instituto Americano del Concreto (ilustración 2) para realizar diferentes pruebas a la materia prima, mezcla de concreto y actividades especializadas con la producción del concreto premezclado.



Ilustración 2. Certificación ACI

(American Concrete Institute, 2021)

Asimismo, como garantía de la mejora continua de sus productos y servicios, CONCREMIX, S. A. está certificada por la norma internacional ISO 9001:2015 (ilustración 3).



Ilustración 3. Certificación ISO 9001:2015

(CONCREMIX, S. A., 2021)

Al estar certificada por normas internacionales como ACI e ISO 9001:2015, CONCREMIX, S. A. genera un valor agregado en los productos y servicios que ofrece.

2.1.6 ORGANIGRAMA

En la ilustración 4 se muestra el organigrama general de CONCREMIX, S. A.:

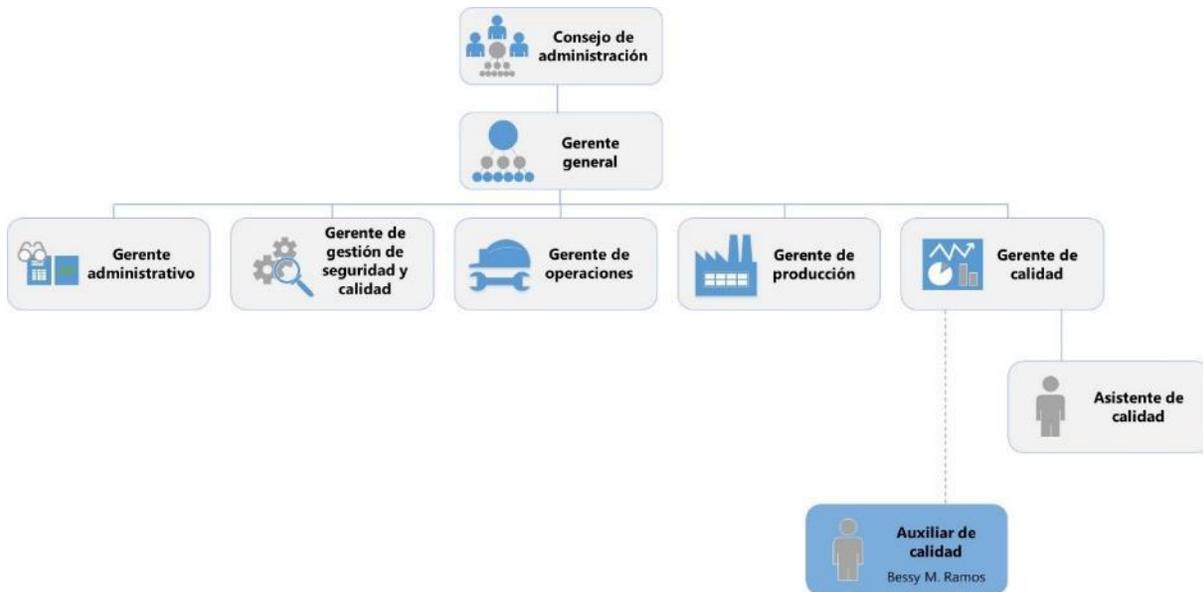


Ilustración 4. Organigrama general de Concremix

(CONCREMIX, S. A., 2021)

2.1.7 PRINCIPALES PROYECTOS

A continuación se muestran algunos de los proyectos de los que ha sido parte Concremix:



Ilustración 5. Centro Cívico Gubernamental, Tegucigalpa, M.D.C.

(CONCREMIX, S. A., 2021)



Ilustración 6. Centro Morazán, Tegucigalpa, M.D.C.

(CONCREMIX, S. A., 2021)



Ilustración 7. Banco Central de Honduras, Tegucigalpa, M.D.C.

(CONCREMIX, S. A., 2021)



Ilustración 8. Torres Metrópolis, Tegucigalpa, M.D.C.

(CONCREMIX, S. A., 2021)



Ilustración 9. Ecovivienda Fase II, Tegucigalpa, M.D.C.

(CONCREMIX, S. A., 2021)

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El Departamento de Calidad de CONCREMIX, S. A. es el encargado de velar por satisfacer los estándares establecidos por el cliente y cumplir con los parámetros de las normativas ASTM y ACI, documentando todos los procesos del laboratorio verificando que se lleven a cabo bajo los estándares de la normativa ISO 9001:2015, requisito para mantener la certificación. El Departamento de Calidad lleva el control de todos los indicadores que deben ser evaluados para garantizar un servicio de calidad, tales como el cumplimiento de las propiedades de los agregados, cemento, agua, aditivos y finalmente, la resistencia del concreto.

El Departamento de Calidad identifica los riesgos que pueden existir dentro de cada proceso y las oportunidades de mejora. Asimismo, establece cada año los objetivos de calidad y la metodología a seguir para su cumplimiento.

2.3 OBJETIVO DE PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Participar en los procesos de control de calidad del concreto premezclado y sus componentes bajo las normas ACI y ASTM establecidas para producción industrial como parte del equipo del Departamento de Calidad de CONCREMIX, S. A.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Documentar los procedimientos para el control de calidad de la materia prima del concreto premezclado de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015.
2. Verificar el control de calidad del cemento mediante pruebas de laboratorio utilizando las normativas ASTM C109, ASTM C150, ASTM C1157, ASTM C204, ASTM C188 y ASTM C230.
3. Verificar el control de calidad de los agregados mediante pruebas de laboratorio utilizando la normativa ASTM C566.
4. Verificar el control de calidad de ensayos de especímenes de concreto bajo normativa ASTM C39.
5. Verificar el control de calidad del concreto premezclado en planta a través los ensayos que indican las normativas ASTM C138, ASTM C1064, ASTM C143 y ASTM C231.
6. Calcular estadísticas del desempeño del cemento HE-R y cemento tipo I utilizando información de los laboratorios de ARGOS y CONCREMIX, S. A. para definir parámetros comparativos.
7. Elaborar informes de control de calidad que evidencien el desempeño de la materia prima del concreto.
8. Estandarizar los formatos de MS Excel utilizados en pruebas de laboratorio para el control de calidad del concreto premezclado.
9. Colaborar con los especialistas de Lazarus&Lazarus en la verificación de la extensibilidad de la pasta preparada con aditivos que han superado la fecha de vencimiento y establecer una comparación entre cemento con diferentes fechas de producción.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 CONCRETO HIDRÁULICO

En términos generales el concreto puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento Portland hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (Sánchez, 2001).

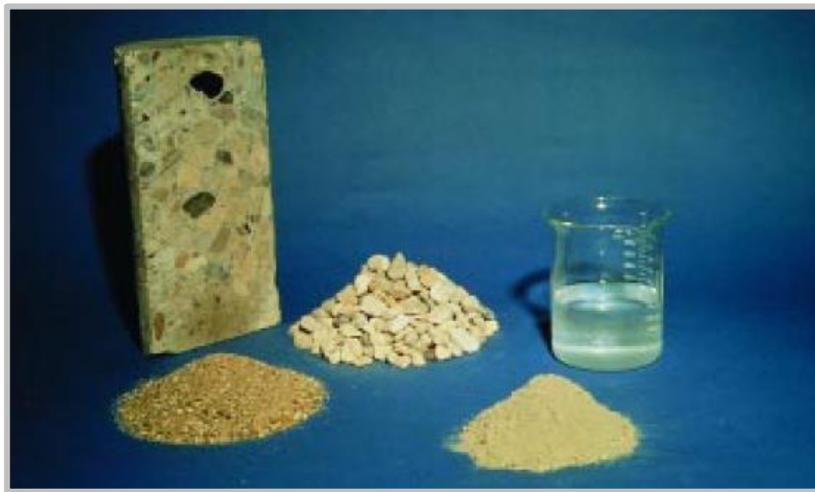


Ilustración 10. Componentes del concreto: cemento, agua y agregados.

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Generalmente los agregados se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos pueden ser arena artificial o natural. Al estar compuesto el concreto entre el 60% y 75% de agregados, su selección es muy importante, deben componerse de partículas con una resistencia mecánica normada, resistencia a las condiciones de exposición y no contener materiales que puedan causar deterioro del concreto. La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta (cemento con agua), del agregado y de la unión entre ellos. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

La calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento (relación a/c). Cuando grandes cantidades de agua son innecesariamente empleadas se diluye la pasta de cemento (ilustración 11).

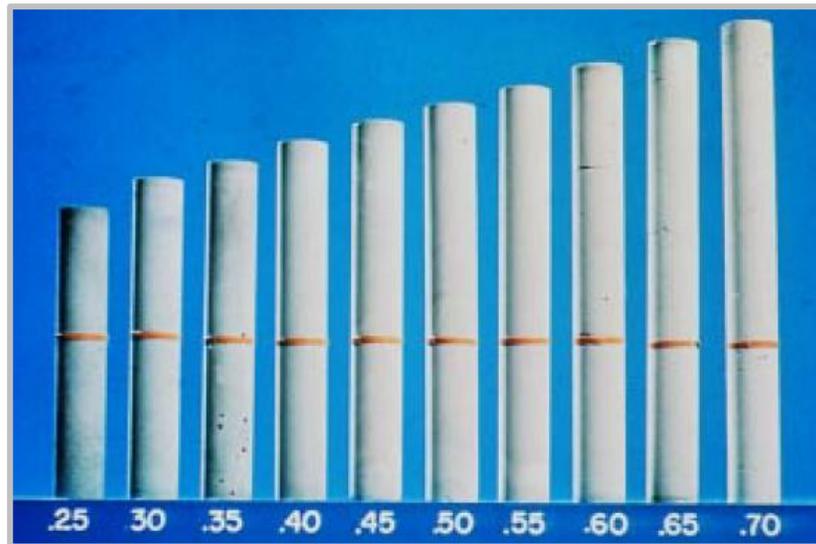


Ilustración 11. Cilindros de pasta de cemento con relaciones a/c distintas

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

En la ilustración 11, la línea roja indica que cada cilindro contiene la misma cantidad de cemento y que el aumento de agua diluye el efecto de la pasta de cemento, aumentando el volumen, reduciendo el peso específico y disminuyendo la resistencia. Algunas de las ventajas de la disminución de la cantidad de agua en la pasta, según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004), son:

- Aumento de la resistencia a la compresión y flexión
- Disminución de la permeabilidad, entonces disminución de la absorción y aumento de la estanquidad
- Aumento de la resistencia a la intemperie
- Mejor unión entre concreto y armadura

- Reducción de la retracción (contracción y encogimiento) y de la fisuración (agrietamiento)
- Menores cambios de volumen causado por la mojadura y el secamiento.

Tanto las propiedades del concreto fresco (plástico) como del concreto endurecido pueden cambiar con la adición al concreto de aditivos químicos, normalmente en forma líquida.

3.1.1 CEMENTO PORTLAND

Los cementos Portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. El cemento (ilustración 12) es un polvo fino que cuando se mezcla con agua se convierte en un pegamento que mantiene los agregados unidos en el concreto. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).



Ilustración 12. Cemento Portland

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

La reacción química que ocurre cuando el cemento hace contacto con el agua se llama hidratación y es cuando se forma la pasta.

3.1.1.1 Fabricación del cemento Portland

El cemento Portland se produce por la pulverización del clínker (ilustración 13), el cual consiste principalmente en silicatos de calcio hidráulicos. El clínker también contiene algunos

aluminatos de calcio, ferroaluminatos de calcio y una o más formas de sulfato de calcio (yeso) que se muele juntamente con el clínker para la fabricación del producto final. Los materiales usados para la producción del cemento Portland deben contener cantidades apropiadas de los compuestos de calcio, sílice, alúmina y hierro. Durante la fabricación se hacen análisis químicos frecuentes de todos los materiales para garantizarse una alta calidad. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

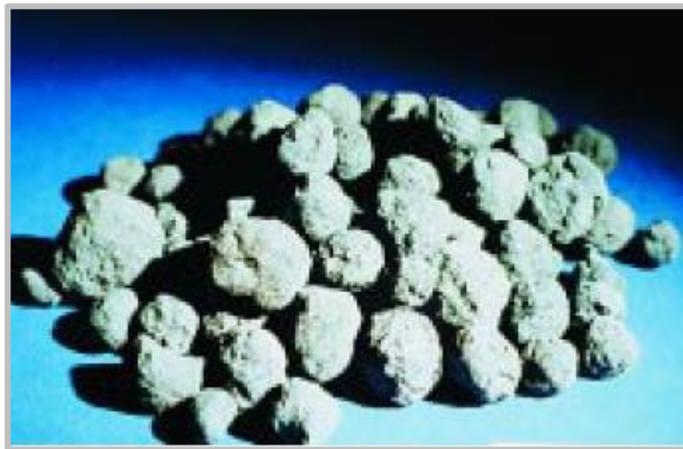


Ilustración 13. Clínker de 20 mm de diámetro

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

El proceso de fabricación del cemento comprende las siguientes etapas principales, según Sánchez (2001):

- Explotación de materias primas
- Preparación y dosificación de materias primas
- Homogeneización
- Clinkerización
- Enfriamiento
- Adiciones finales y molienda

- Empaque y distribución.

3.1.1.2 Tipos de cemento Portland

Al cambiar la composición química y propiedades físico-mecánicas del cemento Portland, se pueden obtener características diferentes cuando se hidrata, dando lugar a diferentes tipos de cemento. Se fabrican diferentes tipos de cemento Portland para satisfacer varios requisitos físicos y químicos para aplicaciones específicas. Los cementos Portland se producen de acuerdo con las especificaciones ASTM C150, AASHTO M 85 o ASTM C1157. La ASTM C150, Especificaciones de Norma para el Cemento Portland, designa ocho tipos de cementos utilizando números romanos:

- Tipo I Normal: es un cemento para uso general, apropiado para todos los usos donde las propiedades especiales de otros cementos no sean necesarias. Sus empleos en concreto incluyen pavimentos, losas, edificios, puentes, embalses, tuberías, mampostería y productos de concreto prefabricado y premezclado.
- Tipo IA Normal con aire incluido
- Tipo II Moderada resistencia a los sulfatos: se utiliza donde sean necesarias precauciones contra el ataque por sulfatos. Se puede utilizar en estructuras normales o en miembros expuestos a suelos o agua subterránea.
- Tipo IIA Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido
- Tipo III Alta resistencia temprana: ofrece resistencia a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente similar al cemento tipo I, con la excepción de que sus partículas se muelen más finamente. Es utilizado cuando se necesita desencofrar lo más temprano posible o cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente.

- Tipo IIIA Alta resistencia temprana con aire incluido
- Tipo IV Bajo calor de hidratación: se utiliza donde se deben minimizar la tasa y cantidad de calor generado por la hidratación. Este cemento desarrolla la resistencia en una tasa más lenta que otros tipos de cemento y se puede utilizar en estructuras de concreto masivo aunque raramente se encuentra disponible en el mercado.
- Tipo V Alta resistencia a los sulfatos: se utiliza en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos, principalmente donde el suelo y el agua subterránea tienen alta concentración de sulfatos, su desarrollo a la resistencia es más lento que en el cemento tipo I.

La AASHTO M 85, Especificaciones para el Cemento Portland, también utiliza cinco designaciones para el cemento Portland del I al V. La ASTM C1157, Especificaciones de Desempeño para los Cementos Hidráulicos, incluye seis tipos de cementos. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

3.1.1.3 Tipos de cementos hidráulicos

Los cementos hidráulicos se fraguan y se endurecen por su reacción química con el agua. Todos los cementos Portland son cementos hidráulicos, "cemento hidráulico" es meramente un término más genérico. Las especificaciones de desempeño para cementos hidráulicos fueron creadas en los años 90, ASTM C1157. Esta especificación se indica genéricamente para los cementos hidráulicos que incluyen cemento Portland. La ASTM C1157 presenta seis tipos de cementos hidráulicos:

- Tipo GU Uso general: es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no sean necesarias. Su uso incluye pavimentos, pisos,

edificios, puentes, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se utiliza cemento tipo I.

- Tipo HE Alta resistencia temprana: usualmente proporciona alta resistencia en menos de una semana. Este cemento se utiliza de la misma manera que el cemento Portland tipo III.
- Tipo MS Moderada resistencia a los sulfatos: se emplea donde sean más importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos. Este cemento se utiliza de la misma manera que el cemento Portland tipo II.
- Tipo HS Alta resistencia a los sulfatos: se utiliza expuesto a la acción severa de los sulfatos.
- Tipo MH Moderado calor de hidratación: se utiliza donde el concreto necesite tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de la temperatura.
- Tipo LH Bajo calor de hidratación: se utiliza donde la tasa y la cantidad del calor generado por la hidratación deban ser minimizadas. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

3.1.2 AGREGADOS PÉTREOS

La importancia del tipo y calidad de los agregados no se debe subestimar. Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004), los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto. Los agregados finos (ilustración 14) generalmente consisten en arena natural o piedra triturada, con la mayoría de sus partículas menores que 5 mm (0.2 pulg.).



Ilustración 14. Agregado fino (arena)

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Los agregados gruesos (ilustración 15) consisten en un tipo de grava o en la combinación de gravas o piedras trituradas con partículas predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 37.5 mm ($\frac{3}{8}$ " y $1\frac{1}{2}$ "). (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).



Ilustración 15. Agregado grueso: grava redondeada (izquierda) y piedra triturada (derecha)

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.1.2.1 Características de los agregados

Algunas de las características más importantes de los agregados para concreto, según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004) se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Características y ensayos de los agregados

Característica	Importancia	Requisito o característica reportada
Resistencia a abrasión y degradación	Índice de calidad del agregado: resistencia desgaste de pisos y pavimentos	Porcentaje máximo de pérdida de masa. Profundidad de desgaste y tiempo
* ASTM C 131 (AASHTO T 96), COVENIN 0266-77, IRAM 1532, NCh1369.Of1978, NMX-C-196, NTP 400.019, UNIT-NM 51 ASTM C 535, COVENIN 0267-78, IRAM 1532, NCh1369.Of1978, NMX-C-196, NTP 400.020, UNIT-NM 51 ASTM C 779		
Resistencia a congelación-deshielo	Descascaramiento superficial, aspereza, pérdida de sección y estética	Número máximo de ciclos o período de inmunidad a congelación, factor de durabilidad.
* ASTM C 666 (AASHTO T 161), COVENIN 1601, NCh2185, NMX-C-205 ASTM C 682 AASHTO T 103		
Granulometría	Trabajabilidad del concreto fresco y economía	Porcentajes mínimo y máximo que pasan por los tamices estándar
* ASTM C 117 (AASHTO T 11), IRAM 1540, NMX-C-084, NCh1223, NTC 78, NTE 0697, NTP 400.018, UNIT-NM 46 ASTM C 136 (AASHTO T 27), COVENIN 0255, IRAM 1505, IRAM 1627, NCh165, NMX-C-077, NTC 77, NTE 0696, NTP 400.012, UNIT 48		
Degradación del agregado fino	Índice de la calidad del agregado: resistencia a degradación durante el mezclado	Cambio de la granulometría
* ASTM C 1137		
Densidad suelta (peso volumétrico, densidad a granel, masa unitaria)	Cálculos del diseño de la mezcla, clasificación	Peso compactado y peso suelto
* ASTM C 29 (AASHTO T 19), COVENIN 0274, COVENIN 0263, IRAM 1548, NMX-C-073, NTC 92, NTP 400.017, UNIT-NM 45		
Densidad relativa (gravedad específica)	Cálculos del diseño de la mezcla	—
* ASTM C 127 (AASHTO T 85), COVENIN 0269, IRAM 1533, NMX-C-164, NCh1117, NTC 176, NTP 400.021, UNIT-NM 30, UNIT-NM 53 ASTM C 128 (AASHTO T84), COVENIN 0268, IRAM 1520, NCh1239, NMX-C-165, NTC 237, NTP 400.022, UNIT-NM 64, UNIT-NM 52		
Absorción y humedad superficial	Control de la calidad del concreto (relación agua-cemento)	—
* ASTM C 70, COVENIN 0272 ASTM C 127 (AASHTO T 85), COVENIN 0269, IRAM 1533, NMX-C-164, NCh1117, NTC 176, NTP 400.021, UNIT-NM 30, UNIT-NM 53 ASTM C 128 (AASHTO T84), COVENIN 0268, IRAM 1520, NCh1239, NMX-C-165, NTC 237, NTP 400.022, UNIT-NM 64, UNIT-NM 52 ASTM C 566 (AASHTO T 255), COVENIN 1375, NMX-C-166, NTC 1776, NTP 339.185		
Característica	Importancia	Requisito o característica reportada
Resistencia a compresión y a la flexión	Aceptación del agregado fino que no haya pasado en los otros ensayos	La resistencia que exceda 95% de la resistencia lograda con arena purificada
* ASTM C 39 (AASHTO T 22), COVENIN 0338, IRAM 1546, NCh1037, NMX-C-083-1997-ONNCCCE, NTC 673, NTE 1573, NTP 339.034, UNIT-NM 101 ASTM C 78 (AASHTO T 97), COVENIN 0342, IRAM 1547, NCh1038, NMX-C-191, NTC 2871, NTP 339.078, UNIT-NM 55		
Resistencia a la reactividad con los álcalis y cambio de volumen	Sanidad contra cambios de volumen	Cambio máximo longitudinal, constituyentes, cantidad de sílice y alcalinidad.
* ASTM C 227, COVENIN 0276, IRAM 1637, NMX-C-180, NTC 3828, NTP 334.113, NTP 334.067 ASTM C 289, NTC 175, NTP 334.099 ASTM C 295, IRAM 1649, NMX-C-265, NTC 3773, UNIT-NM 54 ASTM C 342, NMX-C-282 ASTM C 586, COVENIN 1303 ASTM C 1260 (AASHTO T 303), IRAM 1674, NMX-C-298, NTP 334.110, UNIT 1038 ASTM C 1293, IRAM 1700		

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.1.3 AGUA

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se puede utilizar como agua de mezcla para el concreto. Sin embargo, Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004) mencionan que también se pueden emplear en el concreto algunas aguas que no se consideren potables. Se puede emplear agua dudosa en el concreto pero se debe verificar su desempeño. Por ejemplo, se aconseja que los cubos de mortero (ASTM C109 o AASHTO T106) preparados con agua dudosa tengan resistencia a los 7 días igual o por lo menos 90% de la resistencia de los especímenes de referencia preparados con agua potable o agua destilada. Además, se debe garantizar a través de ensayos del tiempo de fraguado que las impurezas en el agua no van a disminuir o aumentar adversamente el tiempo de fraguado del cemento. Las normas ASTM C94 y AASHTO T26 presentan criterios de aceptación para el agua que será utilizada en el concreto (tablas 2 y 3).

Tabla 2. Criterios de aceptación para abastecimiento de aguas dudosas

	Limites	Método de ensayo
Resistencia a compresión, porcentaje mínima en relación al control, a los siete días	90	C 109* o T 106
Tiempo de fraguado, diferencia en relación al control, hr:min	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	C 191* o T 131

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Tabla 3. Límites químicos para aguas usadas en mezclas de concreto

Sustancia química o tipo de construcción	Concentración máxima en ppm*	Método de ensayo**
Cloruro, como Cl		ASTM D 512
Concreto pretensado (presfuerzo, presforzado, precomprimido) o concreto para tablero de puentes	500†	
Otros tipos de concreto reforzado (armado) en ambiente húmedo o conteniendo elementos de aluminio o metales distintos inseridos o cimbras permanentes de metal galvanizado	1,000†	
Sulfato, como SO ₄	3,000	ASTM D 516
Álcalis, como (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O)	600	
Total de sólidos	50,000	AASHTO T 26

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.1.4 ADITIVOS

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento Portland, agua y agregados, se adicionan a la mezcla antes o durante el mezclado. Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, como sigue:

Tabla 4. Aditivos para concreto según su clasificación

Tipo de Aditivo y Normas	Efecto Deseado	Material
Acelerador	Acelerar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia temprana	Cloruro de calcio, (ASTM D 98 and AASHTO M 144) trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio nitrito de calcio, nitrato de calcio
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo C), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NMX-C-356, NTC 1299 (tipo C), NTP 334.088		
Fungicida, germicida e insecticida	Inhibir o controlar el crecimiento de bacterias y hongos	Fenoles polihalogenados Emulsiones de dieldrin Compuestos de cobre
Impermeabilizantes	Disminuir la permeabilidad	Látex Estearato de calcio
Inclusores (incorporador) de Aire	Mejorar la durabilidad en los ambientes sujetos a congelación-deshielo, sales, sulfatos y ambientes álcali reactivos Mejorar la durabilidad	Sales de resinas de madera (resina vinsol) Algunos detergentes sintéticos Sales de lignina sulfonatada Sales de ácidos de petróleo Sales de material protináceo Ácidos grasos y resinosos y sus sales Sulfonatos de alquilbenceno Sales de hidrocarburos sulfonatados
ASTM C 260, AASHTO M 154, COVENIN 0357, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NGO 41069, NMX-C-200, NTC 3502, NTP 334.089, NGO 41016		
Inhibidor de reacción álcali-agregado	Reducir la expansión por reactividad álcali-agregado	Sales de bario, nitrato de litio, carbonato de litio, hidróxido de litio
Inhibidor de Corrosión	Reducir la corrosión del acero en ambientes con alta concentración de cloruros	Nitrito de calcio, nitrito de sodio, benzoato de sodio, ciertos fosfatos y fluosilicatos, fluoaluminatos, esteramina
Purgador de aire	Disminuir el contenido de aire	Fosfato tributilo, ftalato dibutilo, alcohol octilo, ésteres insolubles en ácidos carbónico y bórico, silicones
Reductor de agua	Reducir en hasta 5% el contenido de agua	Lignosulfonatos Ácido carboxílico hidroxilato Carbohidratos (también tienden a retardar el fraguado, entonces normalmente se añade un acelerador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo A), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Retardador	Retardar el tiempo de fraguado	Lignina Bórax Azúcares Ácido tartárico y sales
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo B), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299 (tipo B), NTP 334.088		
Superplastificante	Aumentar la fluidez del concreto Disminuir la relación agua-cemento	Formaldehido condensado de melamina sulfonato Formaldehido condensado de naftaleno sulfónico Lignosulfonatos Policarboxilatos
ASTM C 1017 (tipo 1), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo F), NTP 334.088		

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

En la ilustración 16 se muestra, de izquierda a derecha: aditivo anti-deslave, reducto de retracción, reductor de agua, agente espumante, inhibidor de corrosión y un incorporador de agua.



Ilustración 16. Aditivos líquidos

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.2 NORMATIVAS PARA CONCRETO

3.2.1 ACI

El Instituto Americano del Concreto (ACI) fue fundado en 1904 cuya sede se encuentra en Farmington Hills, Michigan, EE. UU., siendo una autoridad en la materia para el desarrollo, difusión y adopción de estándares basados en consenso, recursos técnicos, programas educativos y de capacitación , programas de certificación y experiencia comprobada para personas y organizaciones involucradas en el diseño, la construcción y los materiales que componen al concreto. La estandarización es el proceso de consenso más riguroso utilizado por la ACI. Por lo general, hay dos tipos de estándares que ofrece la ACI: Códigos de Diseño y Especificaciones de Construcción. (American Concrete Institute, 2021).

Los códigos de diseño están dirigidos al profesional del diseño, no al equipo de construcción. Los código de diseño de la ACI incluyen requisitos y casos de códigos, criterios de aceptación y especificaciones de diseño. Por otro lado, las especificaciones de construcción de la ACI están orientadas a dirigir a los productores, agencias de prueba y equipo de construcción, no al profesional para el diseño. Las especificaciones de la ACI incluyen especificaciones de construcción y materiales. Algunos de los códigos y especificaciones de la ACI se mencionan en la tabla 5.

Tabla 5. Ejemplos de códigos y especificaciones de la ACI

Código ACI-318-19:	Requisitos del código de construcción para concreto estructural
ACI SPEC-301-20:	Especificaciones para la construcción de concreto
ACI PRC-211.1-19:	Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo
Código ACI-562-19:	Requisitos del código para evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto existentes
ACI SPEC-330.1-14:	Especificación para estacionamientos de concreto no reforzado
ACI SPEC-548.13-14:	Especificación para unir concreto fresco a concreto endurecido con un adhesivo epoxi multicomponente
ACI PRC-347-04:	Guía de encofrado para concreto
ACI SPEC-305.1-14:	Especificación para hormigonado en climas cálidos

(American Concrete Institute, 2021)

3.2.2 ASTM INTERNACIONAL

ASTM Internacional, creada en 1898 es una de las mayores organizaciones en el mundo que desarrollan normas voluntarias por consenso, sin fines de lucro que ofrece un foro para el desarrollo y publicación de normas aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios. (ASTM, 2003).

Las normas de cemento y concreto de la ASTM son fundamentales en la evaluación y pruebas de concreto, cemento y agregados. El concreto puede tener distintas propiedades dependiendo de la mezcla que se use para crearlo. Los estándares de cemento y concreto

permiten a los laboratorios de todo el mundo ensayar y evaluar mezclas de concreto para poder garantizar su resistencia y seguridad. Asimismo, los estándares de la ASTM ayudan a identificar las distintas propiedades del concreto, incluyendo su resistencia, elasticidad, dureza y trabajabilidad. (ASTM, 2021).

La ASTM divide los estándares de cemento y concreto en diferentes grupos, dentro de los cuales se encuentran los que contiene la tabla 6.

Tabla 6. Ejemplos de grupos a los que la ASTM asigna normas

Ensayos de abrasión	Adiciones
Reacciones de los agregados en el concreto	Agregados
Aditivos químicos	Concreto reforzado con fibra
Cementos hidráulicos	Pruebas no destructivas
Rendimiento de materiales cementosos	Concreto premezclado
Concreto autocompactante	Cementos especiales
Resistencia	Ensayos en el concreto fresco

(ASTM, 2021)

3.3 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO PREMEZCLADO

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004) el desempeño del concreto requiere propiedades específicas y para garantizar que se logren estas propiedades, los ensayos de control de calidad y aceptación son partes indispensables del proceso constructivo. Los resultados de los ensayos fornecen información importante para basar las decisiones con respecto a los ajustes del diseño de la mezcla. Las pruebas físicas y las propiedades del concreto se usan para medir la aceptación. Cabe mencionar que las especificaciones no siempre tienen límites de aceptación para los ensayos de control, tales como revenimiento o límites de las cantidades de los ingredientes del concreto.

Las especificaciones pueden afectar:

- Características de la mezcla, tales como el tamaño máximo del agregado, las proporciones de los agregados o el contenido mínimo de cemento
- Características del cemento, del agua, de los agregados y de los aditivos
- Características del concreto fresco y endurecido, tales como temperatura, revenimiento, contenido de aire y resistencia a la compresión o flexión.

3.3.1 ENSAYOS EN LOS AGREGADOS

Los ensayos de los agregados tienen dos propósitos, según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004):

- Determinar la adecuación del material para su uso en concreto, incluyéndose ensayos de abrasión, sanidad contra los ciclos de congelación-deshielo en ambiente saturado, materiales perjudiciales por análisis petrográfico y reacción álcali-agregado potencial
- Garantizar la uniformidad, tales como las pruebas para control de humedad, gravedad específica y granulometría de los agregados.

3.3.1.1 ASTM C136 – Granulometrías para agregados finos y gruesos

La granulometría de los agregados afecta considerablemente la proporción de la mezcla de concreto y su trabajabilidad. Los ensayos de granulometría son elementos importantes para la garantía de la calidad y se determina por el análisis del ensayo, en el cual las partículas se separan en sus varios tamaños a través de tamices estándares (ilustración 17). (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).



Ilustración 17. Ensayo de granulometría en agregados para el concreto

(Universidad Mayor de San Simón, 2009)

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004) los resultados de los análisis se utilizan de tres maneras:

- Para determinar si los materiales obedecen las especificaciones
- Para detectar variaciones en la granulometría que son suficientes para justificar la mezcla de tamaños seleccionados o un ajuste de las proporciones de la mezcla de concreto
- Para seleccionar el material más adecuado, de haber variaciones en la granulometría.

El agregado bien graduado (granulometría continua) contiene partículas en cada tamaño de tamiz. El agregado bien graduado realza numerosos factores que resultan en mayores trabajabilidad y durabilidad. Cuanto mejor graduado un agregado sea, más se van a acomodar las partículas, reduciendo el volumen entre ellas que debe ser llenado por la pasta. Por otro lado, agregados con granulometría discontinua pueden disminuir la trabajabilidad, el bombeo, colocación, consolidación y acabado del concreto. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

3.3.1.2 ASTM C127/128 – Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos/finos

La densidad relativa (gravedad específica) es la relación entre la masa de un agregado y la masa de un volumen de agua igual al volumen de las partículas del agregado, también denominado volumen absoluto del agregado. La densidad relativa se utiliza para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregado, incluido el concreto de cemento hidráulico, el concreto bituminoso y otras mezclas que se dosifican o analizan sobre una base de volumen absoluto. Los valores de absorción se utilizan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para satisfacer la mayor parte del potencial de absorción. (ASTM , 2015, pág. 1)

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados gruesos. La densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, se expresa como secado al horno (SH), superficie seca saturada (SSS) o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad relativa de SH se determina después de secar el agregado. La densidad relativa y la absorción de SSS se determinan después de remojar el agregado en agua durante un tiempo prescrito. (ASTM , 2015, pág. 1)

3.3.1.3 ASTM C566 – Contenido de humedad de los agregados

En este método, una muestra medida de agregado húmedo se seca en un horno convencional ventilado, en un horno de microondas, en un horno eléctrico o sobre una placa

directa al fuego. A través de la masa antes y después del secado, se puede calcular el contenido de humedad como sigue:

$$P = (H - S)/S \cdot 100$$

Ecuación 1. Contenido de humedad de los agregados

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Donde,

P = contenido de humedad de la muestra, en porcentaje

H = masa húmeda de la muestra

S = masa seca de la muestra

Sólo la humedad de la superficie de los agregados, no la humedad absorbida, se vuelve parte del agua de la mezcla en el concreto. Los porcentajes de la humedad superficial se utilizan para calcular la cantidad de agua en los agregados con el fin de reducir la cantidad de agua de la mezcla. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

3.3.1.4 ASTM C40 – Impurezas orgánicas en agregados finos

El ensayo consiste en colocar una muestra del agregado fino en una solución de hidróxido de sodio y se agita. Al día siguiente se compara el color de la solución con un estándar de color de vidrios o una solución de color estándar. Si el color de la solución que contiene la muestra es más oscuro que la solución estándar o que la placa de vidrio orgánico No. 3, se concluye que no se puede utilizar el agregado fino para trabajos importantes de concreto sin antes realizar una investigación profunda. Algunos agregados finos contienen pequeñas cantidades de carbón o lignita que hacen que la solución tenga un color oscuro. La cantidad puede ser suficiente para

reducir apreciablemente la resistencia del concreto. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo del ensayo de impurezas orgánicas y se observa cómo cambia el color a medida transcurre el tiempo.



Ilustración 18. Ensayo ASTM C40 de impurezas orgánicas en agregado fino

(Howayek, y otros, 2012)

3.3.2 ENSAYOS EN EL CEMENTO

Los materiales cementante se prueban para verificar su conformidad con las normas a fin de evitar un desempeño anormal, tal como endurecimiento rápido, fraguado retrasado o baja resistencia del concreto. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

Algunos de los ensayos realizados en el cemento se describen a continuación.

3.3.2.1 ASTM C230 – Flujo para pruebas de cemento

Esta especificación cubre los requisitos para la mesa de flujo (ilustración 19) y los aparatos accesorios utilizados para realizar pruebas de flujo para verificar la consistencia o morteros

en las pruebas de cemento hidráulico. En este ensayo se determina el flujo del cemento utilizando una mesa de flujo. La mesa consiste en un soporte o armazón rígida de hierro fundido y de una mesa superior rígida circular de 255 ± 2.5 mm (10 ± 0.1 pulg.), con un eje unido perpendicularmente a dicha mesa por medio de un tornillo roscado. La mesa superior debe tener una superficie plana y finamente pulida, libre de picaduras y defectos superficiales. El tope de esta debe ser marcado con ocho líneas equidistantes grabadas de 68 mm ($2 \frac{5}{8}$ pulg) de largo extendiéndose desde el exterior de la circunferencia hacia el centro de la mesa. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2013, pág. 6).



Ilustración 19. Mesa de flujo para el ensayo ASTM C230

(UTEST, 2016)

3.3.2.2 ASTM C188 – Densidad del cemento

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del cemento hidráulico. Su particular utilidad está relacionada con el diseño y control de mezclas de hormigón. La densidad del cemento hidráulico se define como la masa de una unidad de volumen de los sólidos. El aparato que se utilizará es un matraz Le Chatelier (ilustración 20) que tiene

una sección transversal circular. Se utilizará queroseno libre de agua o nafta en la determinación de la densidad. El matraz se llenará con cualquiera de los líquidos mencionados hasta un punto en el vástago entre el 0 y la marca de 1 ml. La primera lectura se registrará después de que el matraz se haya sumergido en el baño de agua. (ASTM, 2017, pág. 1)



Ilustración 20. Matraz Le Chatelier para densidad del cemento

(SP Industries, 2013)

Se introducirá una cantidad de cemento en pequeños incrementos a la misma temperatura que el líquido. Después de que se haya introducido todo el cemento, se colocará el tapón en el matraz y se hará rodar el matraz en una posición inclinada, o girarlo suavemente en un círculo horizontal, para liberar el cemento del aire hasta que no salgan más burbujas de aire a la superficie del líquido. La lectura final se registrará después de que el matraz se haya sumergido en el baño de agua. La diferencia entre la primera y la última lectura

representa el volumen de líquido desplazado por la masa de cemento utilizada en la prueba. Ahora se puede determinar la densidad del cemento. (ASTM, 2017, pág. 1)

3.3.2.3 ASTM C204 – Fineza del cemento

La finura es una propiedad muy importante del cemento y por ello tiene que someterse a un control cuidadoso, especialmente de los fabricantes. Las partículas de cemento, por ser muy pequeñas, no pueden ser separadas por mallas. Por esta razón, el grado de finura del cemento se mide por otro tipo de métodos y parámetros. (Universidad Centroamericana José Siméon Cañas, 2012, pág. 1)

Este método de ensayo cubre la determinación de la finura del cemento hidráulico, utilizando el aparato de permeabilidad al aire de Blaine (ilustración 21), en términos de la superficie específica expresada como área de superficie total en centímetros cuadrados por gramo o metros cuadrados por kilogramo de cemento. (ASTM, 2018, pág. 1)



Ilustración 21. Aparato de Blaine

(UTEST , 2015)

3.3.2.4 ASTM C109 – Resistencia a la compresión de cubos de cemento

Este método de ensayo provee un medio para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico y otros morteros y los resultados se pueden usar para determinar el cumplimiento con las especificaciones. Además este método de ensayo es citado por numerosas otras especificaciones y métodos de ensayo. El mortero usado consiste en 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena dosificados en masa y formando cubos (ilustración 22). (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2012, pág. 6)



Ilustración 22. Cubos de cemento para ensayo de resistencia a la compresión del mortero

(Euclid Chemical, 2016)

Los cementos portland o portland incorporador de aire son mezclados con relaciones especificadas de agua-cemento. El contenido de agua para otros cementos es el suficiente para obtener una fluencia de 110 ± 5 en 25 golpes de la mesa de ensayo de flujo. Los cubos de ensayo 50 mm (2 pulg.) se compactan por apisonamiento en dos capas. Los cubos se curan un día en los moldes y luego se desmoldan y se sumergen en agua de cal hasta ser ensayados. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2012, pág. 6)

3.3.3 ENSAYOS EN EL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO

Los ensayos del concreto para evaluar el desempeño de los materiales, para establecer las proporciones de la mezcla y para controlar la calidad del concreto durante la ejecución incluyen revenimiento, contenido de aire, temperatura y densidad. Las pruebas de revenimiento y contenido de aire normalmente se requieren en las especificaciones del proyecto para el control de calidad del concreto, mientras que la densidad es más útil en el proporcionamiento de la mezcla. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

3.3.3.1 *ASTM C172 – Muestreo del concreto*

Esta práctica trata sobre los procedimientos de obtención de muestras representativas de concreto fresco entregado en el lugar del proyecto sobre las cuales se van a realizar ensayos para determinar el cumplimiento con los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales el concreto es suministrado. (ASTM, 2017, pág. 1)

El lapso entre la obtención de la primera porción y la porción final de la muestra compuesta no debe exceder de 15 min. Se transportan las muestras individuales al lugar donde serán realizados los ensayos de concreto fresco o donde se moldearán los especímenes de ensayo. Las muestras deben ser combinadas y mezcladas nuevamente con una pala lo mínimo necesario para asegurar la uniformidad y cumplimiento con los límites de tiempo máximo especificados. Se comienzan los ensayos de asentamiento, temperatura, y contenido de aire dentro de los 5 min después de obtener la porción final de la muestra compuesta. Se completan estos ensayos en forma rápidamente y se comienza a moldear los especímenes para ensayos de resistencia dentro de los 15 min después de fabricar la

muestra compuesta. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2010, pág. 4)

3.3.3.2 ASTM C1064 – Temperatura en el concreto

Como la temperatura del concreto tiene una gran influencia sobre las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido, muchas especificaciones limitan la temperatura del concreto fresco. Están disponibles termómetros de vidrio o con coraza (ilustración 23). El termómetro debe tener precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{F}$) y debe permanecer en una muestra representativa de concreto, por lo menos, 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Un mínimo de 75 mm de concreto debe rodear la porción sensitiva del termómetro. También están disponibles los medidores de temperatura electrónicos con lectura digital. La medición de la temperatura se debe terminar en un periodo de 5 minutos después de la tomada de la muestra. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 331)



Ilustración 23. Ensayo de temperatura en el concreto fresco

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.3.3.3 ASTM C143 – Determinación del revenimiento

El ensayo de revenimiento o asentamiento del cono de Abrams es el método más ampliamente aceptable y utilizado para medir la consistencia del concreto (ilustración 24). El equipo de prueba consiste en un cono de revenimiento (molde cónico de metal 300 mm [12 pulg.] de altura, con 200 mm [8 pulg.] de diámetro de base y 100 mm [4 pulg.] de diámetro de la parte superior) y una varilla de metal con 16 mm de diámetro (5/8 pulg.) y 600 mm (24 pulg.) de longitud con una punta de forma hemisférica. El cono húmedo, colocado verticalmente sobre una superficie plana, rígida y no absorbente, se debe llenar en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 330)



Ilustración 24. Ensayo de revenimiento para la consistencia del concreto

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Se aplican 25 golpes en cada capa. Después de los golpes, se enrasa la última capa y se levanta el cono lentamente aproximadamente 300 mm (12 pulg.) en 5 ± 2 segundos. A medida que el concreto se hunde o se asienta en una nueva altura, se invierte el cono

vacío y se lo coloca gentilmente cerca del concreto asentado. El revenimiento o el asentamiento es la distancia vertical que el concreto se ha asentado, medida con una precisión de 5 mm (1/4 pulg.). Un valor más elevado de revenimiento (asentamiento) es indicativo de un concreto más fluido. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 330)

3.3.3.4 ASTM C138 – Determinación por el método gravimétrico el peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto

La densidad (peso unitario, peso volumétrico, peso específico) y el rendimiento del concreto fresco se determinan de acuerdo con la norma ASTM C138. Los resultados deben ser suficientemente precisos para determinar la cantidad volumétrica (rendimiento) del concreto producido en cada mezcla. La prueba también fornece una indicación del contenido de aire, desde que se conozcan las densidades relativas de los ingredientes. Se requiere una balanza o una báscula con precisión de 0.3% de la masa prevista de la muestra y del recipiente (ilustración 25). (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 331)



Ilustración 25. Ensayo de densidad del concreto fresco

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Se debe tener cuidado para consolidar el concreto adecuadamente, sea a través de golpes, sea a través de vibración interna. Se debe utilizar una chapa o placa plana para enrasar la superficie superior del concreto, a fin de que el recipiente esté lleno y con acabado plano y liso. La densidad (peso específico) se expresa en kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico) y el rendimiento en metros cúbicos (pies cúbicos). (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 331)

3.3.3.5 ASTM C231 – Método a presión para determinar el contenido de aire

El método por presión (ilustración 26) se basa en la ley de Boyle, la cual relaciona presión y volumen. Muchos medidores de aire comercialmente disponibles están calibrados para leer contenido de aire directamente cuando se aplica una presión predeterminada. La presión aplicada comprime el aire dentro de la muestra de concreto, incluyendo el aire en los poros de los agregados. Por esta razón, las pruebas por este método no son adecuadas

para medir el contenido de aire de concretos producidos con algunos agregados ligeros u otros materiales muy porosos. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 332)



Ilustración 26. Ensayo para determinar contenido de aire con método de presión

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Los medidores de presión son ampliamente usados porque no hay necesidad de conocerse las proporciones de la mezcla, ni la gravedad específica de los ingredientes del concreto. Además, se puede realizar esta prueba en menos tiempo de lo requerido por otros métodos. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 332)

3.3.4 ENSAYOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO

3.3.4.1 *ASTM C39 – Resistencia a la compresión de cilindros de concreto*

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla (ilustración 27). La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo dentro del área de la

sección transversal del espécimen. Los resultados de este método de ensayo son usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado, y colocación del concreto; determinación del cumplimiento de las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de aditivos; y usos similares. (Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 2017, pág. 9)



Ilustración 27. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto

(GIATEC, 2021)

3.4 DOSIFICACIÓN, MEZCLADO, TRANSPORTE Y MANEJO DEL CONCRETO

Cada uno de los materiales que componen el concreto tiene características y funciones que son aprovechadas al diseñar la mezcla, sin embargo, la obtención de concreto de alta calidad no sólo depende de un adecuado diseño de mezcla, según Sánchez (2001), depende también de apropiados procedimientos de producción y manejo que reproduzcan y conserven las propiedades y características que han sido previstas en el diseño.

3.4.1 DOSIFICACIÓN

La dosificación es el proceso de medida, por masa o por volumen, de los ingredientes del concreto y su introducción en la mezcladora. Para producirse un concreto con calidad uniforme, los ingredientes se deben medir con precisión para cada revoltura (bachada, amasada). Los equipos deben ser capaces de medir las cantidades con estas tolerancias para la menor cantidad de mezcla normalmente usada, bien como para mezclas mayores (ilustración 28). Se deben verificar periódicamente la precisión de las escalas y los equipos de mezclado y se deben hacer los ajustes, si necesario. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 217)



Ilustración 28. Sala de control de los equipos de dosificación en una planta típica de concreto premezclado

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Los aditivos químicos líquidos se deben adicionar a la mezcla en soluciones acuosas. El volumen del líquido, si significativo, se debe sustraer de la cantidad de agua de mezcla de la revoltura. Los aditivos que no se pueden adicionar a la mezcla en solución, se los puede dosificar por masa o por volumen, de acuerdo con la recomendación del fabricante.

Se deben verificar los surtidores de aditivos frecuentemente, pues errores en su dosificación, principalmente en el caso de sobredosis, pueden crear problemas serios tanto en el concreto fresco como en el endurecido. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 218)

3.4.2 MEZCLADO DEL CONCRETO

Todo concreto se debe mezclar completamente hasta que tenga una apariencia uniforme, con todos sus ingredientes igualmente distribuidos. Las mezcladoras no se deben cargar más que sus capacidades y se deben operar en la velocidad de mezclado recomendada por el fabricante. Si el concreto fue adecuadamente mezclado, las muestras tomadas de diferentes porciones de la mezcla van a tener esencialmente la misma densidad, contenido de aire, revenimiento (asentamiento) y contenido de agregado grueso. Las diferencias máximas permitidas en la evaluación de la uniformidad de la revoltura del concreto premezclado se encuentran en la ASTM C 94. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 218)

3.4.2.1 *Concreto premezclado*

El concreto premezclado se dosifica y se mezcla fuera de la obra y se entrega en la construcción en el estado fresco y no endurecido. Se puede producir por uno de los siguientes métodos, según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi (2004).

- El concreto mezclado en central se mezcla completamente en la mezcladora estacionaria (ilustración 29) y se lo entrega en un camión agitador, en un camión mezclador operando en la velocidad de agitación o en un camión no agitador.

- El concreto se mezcla parcialmente en la mezcladora estacionaria y el mezclado se completa en el camión mezclador.



Ilustración 29. Mezclado en central en una mezcladora estacionaria

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

- El concreto mezclado en el camión se mezcla completamente en el camión mezclador (ilustración 30).



Ilustración 30. Concreto mezclado completamente en camión mezclador

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

En la ilustración 31 se muestra una planta central de concreto premezclado.

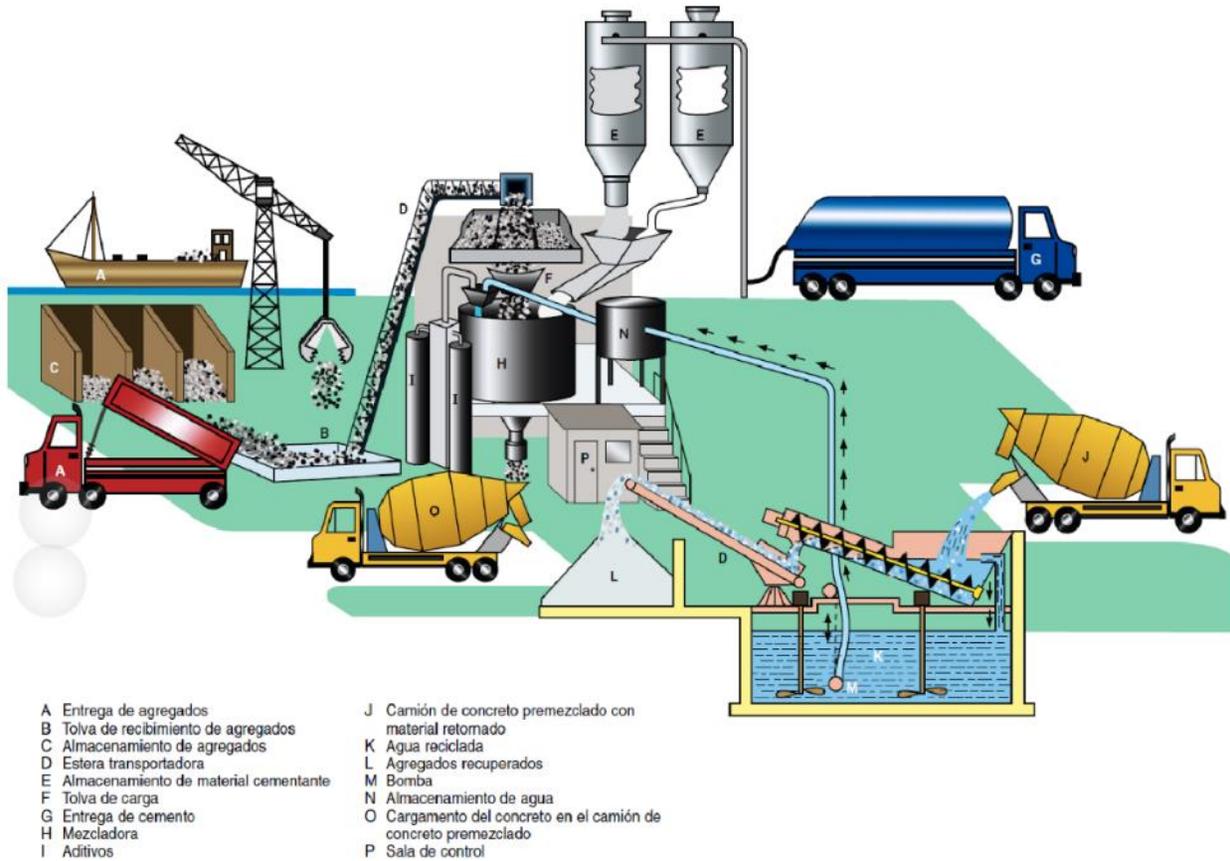


Ilustración 31. Etapas de la producción del concreto en una planta mezcladora

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.4.3 TRANSPORTE Y MANEJO DEL CONCRETO

La tabla 7 resume algunos de los métodos y equipos más comunes para el transporte del concreto desde la fábrica hasta los proyectos que lo requieren.

Tabla 7. Métodos y equipos para el transporte y manejo del concreto

Equipo	Tipo de trabajo más adecuado para el equipo	Ventajas	Puntos a fijarse
Baldes (cubos, cubetas, tolvas)	Usados con las grúas, cablevías y helicópteros para la construcción de edificios y presas. Transporta el concreto directamente del punto de descarga en la central hasta la cimbra (encofrado) o hasta un punto secundario de descarga.	Permite el aprovechamiento total de la versatilidad de las grúas, cablevías y helicópteros. Descarga limpia. Gran variedad de capacidades.	Escoja la capacidad del cubo de acuerdo con el tamaño de la mezcla y la capacidad del equipo de colocación. Se debe controlar la descarga.
Bombas	Usadas para transportar concreto directamente desde el punto de descarga de la central hasta la cimbra (encofrado) o el punto de descarga secundario.	La tubería ocupa poco espacio y se la puede extender fácilmente. La descarga es continua. La bomba puede mover el concreto vertical y horizontalmente. Bombas montadas en camiones pueden entregar concreto tanto en obras pequeñas como en grandes proyectos. Los aguilones estacionarios fomenen concreto continuadamente para la construcción de edificios altos.	Se hace necesario un suministro de concreto fresco constante con consistencia media y sin la tendencia a segregarse. Se debe tener cuidado al operar la tubería para garantizarse un flujo uniforme. Además, se la debe limpiar al concluirse cada operación. El bombeo vertical, con curvaturas y a través de mangueras flexibles va a reducir considerablemente la distancia máxima de bombeo.
Camión agitador	Usados para transporte de concreto para pavimentos, estructuras y edificios. La distancia de transporte debe permitir la descarga del concreto en 1½ hora, pero este límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias.	Se operan desde una central mezcladora donde se produce concreto de calidad bajo condiciones controladas. La descarga desde los agitadores es controlada. Hay uniformidad y homogeneidad del concreto en la descarga.	El tiempo de descarga debe adecuarse a la organización de la obra. El personal y los equipos deben estar listos en la obra para el manejo del concreto.
Camión mezclador	Usados para transporte de concreto para pavimentos, estructuras y edificios. La distancia de transporte debe permitir la descarga del concreto en 1½ hora, pero este límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias.	No se necesita de central mezcladora, sólo una planta de dosificación, pues el concreto se mezcla completamente en el camión. La descarga es la misma que en el camión agitador.	El tiempo de descarga debe adecuarse a la organización de la obra. El personal y los equipos deben estar listos en la obra para el manejo del concreto. El control de calidad del concreto no es tan bueno como en la central mezcladora.
Grúas y balde	Es el equipo adecuado para trabajo arriba del nivel del terreno.	Pueden manejar concreto, acero de refuerzo (armadura), cimbra (encofrado) y artículos secos en puentes y edificios con estructura de concreto.	Tiene un sólo gancho. Se hace necesario un planeamiento cuidadoso entre el comercio y la operación para mantenerse la grúa ocupada.
Mezcladoras de dosificación móviles	Usadas en la producción intermitente de concreto en la obra o donde se necesitan sólo pequeñas cantidades.	Es un sistema combinado de transporte, dosificación y mezclado para la dosificación rápida y precisa del concreto especificado. Operado por un sólo hombre.	Operación sin problemas que requiere una buena manutención preventiva del equipo. Los materiales deben ser idénticos a aquéllos originalmente empleados en el diseño de la mezcla.
Pistolas neumáticas (Concreto lanzado)	Usadas donde se va a colocar el concreto en sitios difíciles y en secciones finas con áreas grandes.	Ideal para la colocación del concreto en formas libres de cimbras, en reparos de estructuras, en recubrimientos protectores, cubiertas delgadas y paredes de edificios con cimbras en una cara.	La calidad del trabajo depende de la destreza del operador del equipo. Sólo se debe emplear un lanzador de concreto con experiencia.

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.4.3.1 Elección del mejor método

La primera cosa que se debe observar es el tipo de obra, su tamaño físico, la cantidad total de concreto a ser colado y el tiempo programado. El estudio más profundo de los detalles de la obra va a determinar cuánto del trabajo está abajo o arriba del nivel del terreno. Esto ayuda en la elección del equipo de manejo de concreto necesario para su colocación en los niveles requeridos. El concreto se debe mover de la mezcladora hasta el punto de su colocación lo más rápido posible, sin segregación o pérdida de los ingredientes. Los equipos de transporte y manejo deben tener la capacidad de mover una cantidad suficiente de concreto para que se eliminen las juntas frías. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 226)

3.5 ESTADÍSTICA APLICADA PARA CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

3.5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Si se desea obtener solamente alguna clase de resumen de los datos de una muestra se requiere la estadística descriptiva. Los estadísticos descriptivos proporcionan un resumen conciso de los datos, por ejemplo:

- Media: representa la suma de los números en la muestra, dividido entre la cantidad total de números que hay. (Navidi, 2004).
- Desviación estándar: es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos. La desviación estándar se puede utilizar para establecer un valor de referencia para estimar la variación general de un proceso. (Minitab, 2019).

- Varianza: La varianza mide qué tan dispersos están los datos alrededor de la media. La varianza es igual a la desviación estándar elevada al cuadrado. (Minitab, 2019).
- Rango: es la diferencia entre los valores más grandes y pequeños en una muestra. Es una medida de la dispersión. (Navidi, 2004).

3.5.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL

Walpole, Myers, Myers, & Ye (2012) mencionan que la estadística inferencial nos permite obtener conclusiones acerca de la población a partir de una muestra. Los métodos estadísticos se diseñan para contribuir al proceso de realizar juicios científicos frente a la incertidumbre y a la variación. También, mencionan que la inferencia estadística se divide en dos áreas principales: estimación (puntual o por intervalos) y pruebas de hipótesis. Navidi (2004) menciona que cuando la muestra es pequeña, s podría no estar cercano a σ , y \bar{X} puede no ser aproximadamente normal. Sin embargo, si la población es aproximadamente normal, \bar{X} lo será incluso cuando el tamaño muestral sea pequeño, pero debido a que s no está necesariamente cercana a σ , esta cantidad no tendrá una distribución normal. En su lugar, tiene la distribución t de Student con $n - 1$ grados de libertad.

3.5.2.1 Prueba de normalidad

Evaluar la normalidad de los datos es esencial para saber qué técnica estadística aplicar al momento de hacer un análisis. La prueba de normalidad y la gráfica de probabilidad suelen ser las mejores herramientas para evaluar la normalidad. Los resultados de la prueba, con el valor p , indican si se debe rechazar o no puede rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una población distribuida normalmente. Un tipo de prueba de normalidad es la de Anderson-Darling, esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos

de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, se rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. (Minitab, 2019). Las hipótesis para la prueba de Anderson-Darling son:

- H_0 : los datos siguen una distribución normal
- H_1 : los datos no siguen una distribución normal

En Minitab (2019) se explica que para determinar si los datos no siguen una distribución normal, se compara el valor p con el nivel de significancia. Por lo general, un nivel de significancia (denotado como α) de 0.05 funciona adecuadamente. Un nivel de significancia de 0.05 indica un riesgo de 5% de concluir que los datos no siguen una distribución normal, cuando los datos sí siguen una distribución normal. Entonces:

- Si $p \leq \alpha$: los datos no siguen una distribución normal (se rechaza H_0). Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.
- Si $p > \alpha$: no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (no se puede rechazar H_0). Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Usted no tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal.

3.5.2.2 Intervalos de confianza para la media poblacional

Los datos que aparecen en las tablas de resultados de estadística descriptiva son datos puntuales. Ese tipo de datos son estimaciones puntuales, porque son sólo números, o puntos. Un hecho importante de las estimaciones puntuales es que casi nunca son exactamente iguales a los valores reales que están estimando. Con la finalidad de que una estimación sea útil, se necesita

describir qué tan alejada está del valor verdadero. Hay muchas situaciones en que es preferible determinar un intervalo dentro del cual se esperaría encontrar el valor del parámetro. Tal intervalo se conoce como estimación por intervalo. (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012).

A partir de los datos muestrales de una población se puede crear un intervalo para la media. Este intervalo describirá el valor de la media y se podrá hacer inferencias sobre la población. Según Minitab (2019), si se desea reducir el ancho de un intervalo de confianza se puede aumentar el tamaño de la muestra, reducir la variabilidad, utilizar un intervalo de confianza unilateral o reducir el nivel de confianza. A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de pruebas de hipótesis con relación al concreto.

- El artículo "Direct Strut-and-Tie Model for Prestressed Deep Beams" (K. Tan, K. Tong y C. Tang, en Journal of Structural Engineering, 2001:1076-1084) presenta mediciones de la fuerza nominal de corte (en kN) para una muestra de 15 vigas de concreto. Los resultados son: 580, 400, 428, 825, 850, 875, 920, 550, 575, 750, 636, 360, 590, 735, 950. Construya un intervalo de confianza del 99%.

Solución:

Se calcula $\bar{X} = 668.27$ y $\bar{s} = 192.089$. Se utiliza $n = 15$ y $\alpha / 2 = 0.005$. De la tabla t con 14 grados de libertad, se encuentra $t_{14} = 2.977$. El intervalo de confianza de 99% es $668.27 \pm (2.977)(192.089)/\sqrt{15}$, o (520.62, 815.92) kN. (Navidi, Estadística para Ingenieros y Científicos, 2004, pág. 326)

3.5.2.3 Intervalos de predicción para la media poblacional

Algunas veces, además de la media de la población, el experimentador podría estar interesado en predecir el valor posible de una observación futura. Este tipo de requerimiento se

satisface muy bien construyendo un intervalo de predicción. El intervalo de predicción proporciona un buen estimado de la ubicación de una observación futura, el cual es muy diferente del estimado del valor promedio de la muestra. Para una distribución normal de mediciones donde se conoce la varianza, se utiliza la tabla Z. (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012).

En Minitab (2019) se menciona que el intervalo de predicción siempre es más amplio que el intervalo de confianza debido a la incertidumbre adicional que implica la predicción de una respuesta individual en comparación con la respuesta media.

3.5.2.4 Pruebas de hipótesis para la media poblacional

Walpole, Myers, Myers, & Ye (2012) mencionan que los procedimientos que conducen a la aceptación o al rechazo de hipótesis estadísticas comprenden un área importante de la inferencia estadística. La estructura de la prueba de hipótesis se establece usando el término hipótesis nula, el cual se refiere a cualquier hipótesis que se desea probar y se denota con H_0 . El rechazo de H_0 conduce a la aceptación de una hipótesis alternativa, que se denota con H_1 . Navidi (2004) explica que esencialmente, para realizar una prueba de hipótesis se pone la hipótesis nula en juicio.

Se empieza suponiendo que H_0 es verdadera. La prueba de hipótesis implica medir la fuerza del desacuerdo entre la muestra y H_0 para producir un número entre 0 y 1, el valor p, éste mide la factibilidad de H_0 . Entre menor sea el valor p, más fuerte será la evidencia en contra de H_0 . Si el valor p es suficientemente pequeño, se puede estar dispuesto a abandonar la suposición de que H_0 es verdadera y creer, en su lugar, que H_1 es verdadera. A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de pruebas de hipótesis con relación al concreto.

3.5.2.5 Pruebas de hipótesis para la diferencia de medias

La prueba t de 2 muestras se puede utilizar para comparar los promedios entre dos grupos pequeños con datos normales y determinar si existe una diferencia significativa entre ellos o si la diferencia observada se debe en cambio a una probabilidad aleatoria. Las hipótesis planteadas son:

- $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
- $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Minitab (2019) menciona que para determinar si la diferencia entre las medias de población es estadísticamente significativa, se compara el valor p con el nivel de significancia. Entonces:

- Si valor $p \leq \alpha$: La diferencia entre las medias es estadísticamente significativa (se rechaza H_0) Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula. Usted puede concluir que la diferencia entre las medias de las poblaciones no es igual a la diferencia hipotética.
- Si valor $p > \alpha$: La diferencia entre las medias no es estadísticamente significativa (no se puede rechazar H_0) Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Usted no tiene suficiente evidencia para concluir que la diferencia entre las medias de las poblaciones es estadísticamente significativa.

Antes de realizar la prueba de hipótesis para la diferencia de medias es necesario verificar primero si las varianzas de ambos grupos son consideradas iguales o no, de esto depende el tipo de prueba de hipótesis a realizar. Para concluir si las varianzas de dos muestras, se utiliza la prueba F. La prueba F solo es exacta para datos distribuidos normalmente.

IV. DESARROLLO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

En esta sección se describirá con detalle el trabajo realizado a lo largo de las diez semanas de práctica profesional, primero con un cuadro resumen por semana y luego una explicación para cada día de la semana.

4.1.1 SEMANA 1, DEL 18 AL 22 DE ENERO

La primera semana consistió en conocer al personal de la empresa, las instalaciones y realizar algunos de los ensayos que se practican en el cemento y el concreto recién mezclado. En la tabla 8 se resumen las actividades realizadas en la semana.

Tabla 8. Resumen de actividades semana 1

Cuadro resumen de actividades de la semana 1					
Actividad	Lunes 18	Martes 19	Miércoles 20	Jueves 21	Viernes 22
GABINETE					
1. Presentación en la empresa					
2. Lectura norma ASTM					
3. Reunión con Gerente de Calidad					
4. Informe para realizar ensayo de densidad					
CAMPO					
5. Ensayos en el concreto					
6. Ensayos en el cemento					

Elaboración propia.

4.1.1.1 Lunes 18 de enero del 2021

El primer día se conoció al personal de Concremix y las instalaciones (ilustración 32).



Ilustración 32. Instalaciones de Concremix

En la ilustración 33 se muestra el espacio de trabajo para las diez semanas de práctica profesional.

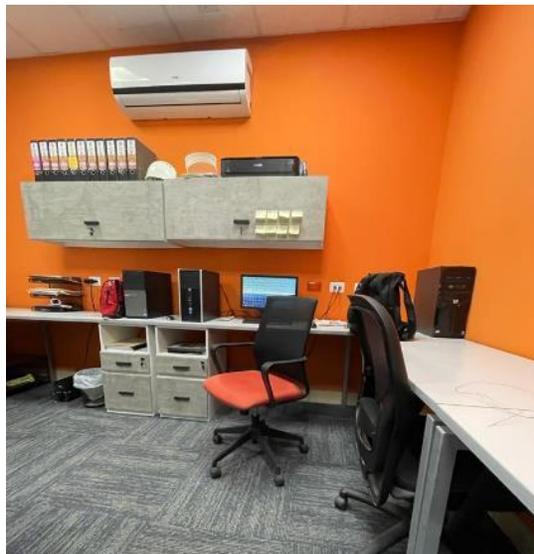


Ilustración 33. Espacio de trabajo en Concremix

También se familiarizó con los procesos de la empresa, como por ejemplo el abastecimiento del cemento (ilustración 34).



Ilustración 34. Abastecimiento de cemento ARGOS

4.1.1.2 Martes 19 de enero del 2021

Se comenzó a realizar una revisión de literatura sobre la norma ASTM, específicamente la C138 que trata sobre la densidad, rendimiento y contenido de aire en el concreto puesto que la empresa desea emplearla para monitorear la calidad del concreto.

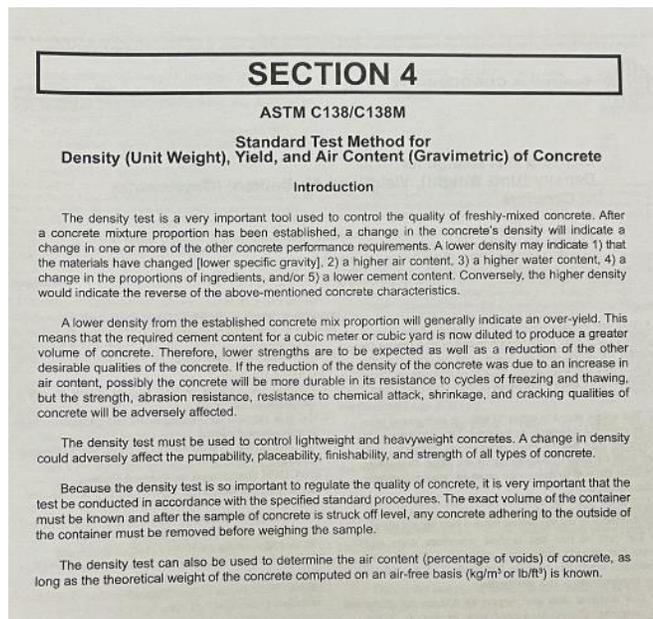


Ilustración 35. Revisión de literatura norma ASTM C138

4.1.1.3 Miércoles 20 de enero del 2021

Se empezó un documento que describe el procedimiento a seguir al momento de realizar el ensayo de densidad. El documento incluye:

- introducción (ilustración 36)
- recursos necesarios (tanto herramienta y equipo, recursos humanos y EPP)
- normativas asociadas con el ensayo
- terminología
- procedimiento
- diagrama de flujo de funciones cruzadas
- formato para hoja de datos
- cálculos
- referencias

	Procedimiento para aplicación de ASTM C138/C138M-17a Método de prueba estándar para densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto		
Código: CX-	Vigencia: 01-##-2021	Revisión: 1.0	Hoja: 1 de #

INTRODUCCIÓN

La prueba de densidad es una herramienta muy importante para controlar la calidad del concreto recién mezclado. Una vez establecida una dosificación de mezcla, un cambio en la densidad del concreto indicará un cambio en uno o más de los otros requisitos de rendimiento del concreto. Una menor densidad puede indicar:

1. Que los materiales han cambiado (menor densidad específica)
2. Un mayor contenido de aire
3. Un mayor contenido de agua
4. Un cambio en las proporciones de los ingredientes
5. Un menor contenido de cemento

Por el contrario, una mayor densidad indicaría lo contrario de las características del concreto antes mencionadas.

Una densidad menor que la proporción de mezcla de concreto establecida generalmente indicará un exceso de rendimiento. Esto significa que el contenido de cemento requerido para un metro cúbico se diluye ahora para producir un mayor volumen de concreto. Por lo tanto, se espera una menor resistencia, así como una reducción de las otras características deseables del concreto. Si la reducción de la densidad del concreto se debió a un aumento del contenido de aire, posiblemente el concreto será más duradero en su resistencia a los ciclos de congelación y descongelación, pero la resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión, resistencia al ataque químico, el encogimiento, y las características del agrietamiento del concreto serán afectadas adversamente.

El ensayo de densidad deberá utilizarse para controlar concretos ligeros y pesados. Un cambio en la densidad podría afectar adversamente el bombeado, la trabajabilidad, el acabado, y la resistencia de todos los tipos de concreto. El ensayo de densidad también puede utilizarse para determinar el contenido de aire (porcentaje de huecos) del concreto, siempre que se conozca el peso teórico del homigón calculado sin aire.

Debido a que la prueba de densidad es tan importante para regular la calidad del concreto, es muy importante que la prueba se lleve a cabo de acuerdo con el procedimiento estándar especificado. (ACI, 2017)

Ilustración 36. Introducción del procedimiento para aplicación de norma ASTM C138

Elaboración propia.

4.1.1.4 Jueves 21 de enero del 2021

Se continuó trabajando en el documento "Procedimiento para aplicación de ASTM C138", incluyendo el diagrama de flujo de funciones cruzadas (ilustración 37) realizado en Microsoft Visio y se presentó a Gerente de Calidad.

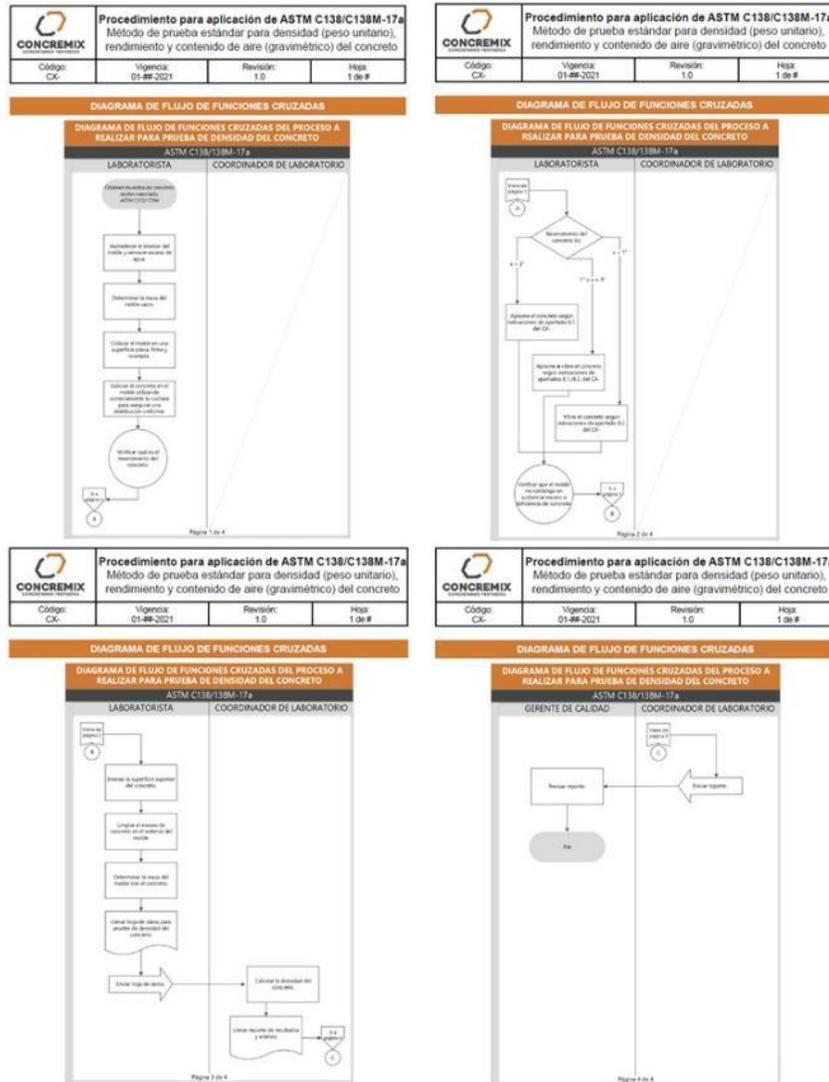


Ilustración 37. Diagrama de flujo de funciones cruzadas para aplicación de ASTM C138

Elaboración propia.

4.1.1.5 Viernes 22 de enero del 2021

Se puso en práctica la prueba ASTM C138 (ilustración 38) para determinar la densidad del concreto recién mezclado.



Ilustración 38. Ensayo de densidad ASTM C138

También se realizó la prueba ASTM C143 para determinar el revenimiento de la mezcla de concreto (ilustración 39).



Ilustración 39. Determinación del revenimiento del concreto premezclado

Por la tarde se supervisó la prueba ASTM C230 para determinar el flujo del cemento (ilustración 40). Esta prueba se realizó en el cemento ARGOS tipo I y HE-R.



Ilustración 40. Determinación del flujo del cemento

Por último, se hicieron los cubos de cemento (ilustración 41) para poder determinar posteriormente su resistencia a la compresión, siguiendo la norma ASTM C109.



Ilustración 41. Preparación de cubos de cemento

4.1.2 SEMANA 2, DEL 25 AL 29 DE ENERO

Durante la segunda semana de práctica profesional se trabajó en el informe de resultados de los ensayos realizados en la semana anterior. Se comenzó a traducir del inglés al español un informe relacionado con el concreto postensado. Se visitó uno de los proyecto al que Concremix ofrece

sus servicios de concreto premezclado: Acacias, San Ignacio. También, se realizaron ensayos al concreto y al cemento. En la tabla 9 se resumen las actividades realizadas en la semana.

Tabla 9. Resumen de actividades semana 2

Cuadro resumen de actividades de la semana 2					
Actividad	Lunes 25	Martes 26	Miércoles 27	Jueves 28	Viernes 29
GABINETE					
1. Informe de ensayo de densidad					
2. Traducción de "Post-Tensioning Workbook"					
CAMPO					
3. Ensayos en el cemento					
4. Visita a proyecto "Acacias" en San Ignacio					
5. Ensayos en el concreto					

Elaboración propia.

4.1.2.1 Lunes 25 de enero del 2021

Se creó en MS Excel una hoja para el cálculo de densidad, rendimiento y contenido de aire en el concreto, después de realizar el ensayo ASTM C138.

 HOJA DE DATOS Método de prueba estándar para densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto			
Código:	Fecha de vigencia:	Revisión:	Hoja:
Fecha ejecución de ensayo:	22-ene-21	Tamaño camión (m ³):	7
Persona que tomó datos:	Bessy M. Ramos	Resistencia (psi):	
Camión No.:		Cemento utilizado:	HE-R
Datos materia prima:			
<u>Cantidades en camión</u>		<u>Propiedades agregado 3/4"</u>	
Cemento	kg	Contenido de humedad	2.59 %
Agregado 3/4" (SSS)	kg	Absorción	1.92 %
Agregado 3/8" (SSS)	kg	Gravedad específica	2.61
Agregado fino (SSS)	kg	<u>Propiedades agregado 3/8"</u>	
Agua	kg	Contenido de humedad	3.65 %
Admix DX2	L	Absorción	3.28 %
	- kg	Gravedad específica	2.54
Admix F5	L	<u>Propiedades agregado fino</u>	
	- kg	Contenido de humedad	9.40 %
TOTAL	- kg	Absorción	3.54 %
<u>Propiedades aditivos</u>		Gravedad específica	2.49
Densidad DX2	1.19 kg/L		
Densidad F5	1.21 kg/L		
Datos de ensayo:			

Ilustración 42. Hoja en MS Excel para cálculo de densidad, rendimiento y contenido de

aire en el concreto

Elaboración propia.

También se ensayaron cubos de cemento para determinar su resistencia a la compresión. Los valores obtenidos cumplen con la norma ASTM C1157.



Ilustración 43. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento

4.1.2.2 Martes 26 de enero del 2021

Después de recolectar todos los datos sobre el diseño de la mezcla de concreto y los valores obtenidos de densidad, se obtuvieron los resultados finales de rendimiento y contenido de aire. Se comenzó con la tarea de traducir del inglés al español un informe sobre concreto postensado, "Post-Tensioning Inspector" (ilustración 44).

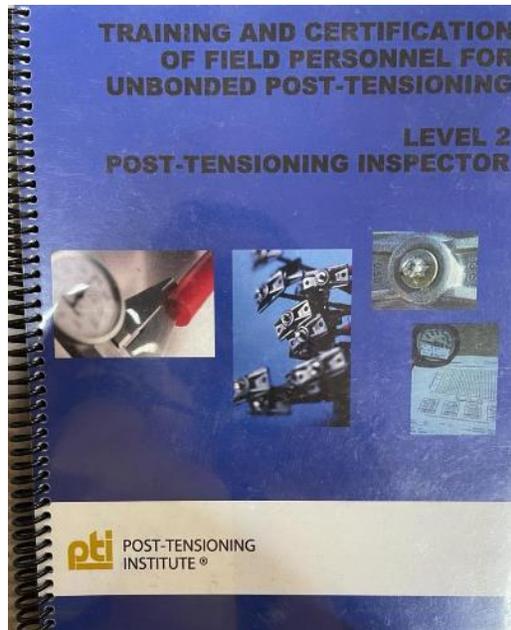


Ilustración 44. Informe de concreto postensado

4.1.2.3 Miércoles 27 de enero del 2021

Se visitó el proyecto de "Acacias" en San Ignacio (ilustración 45).



Ilustración 45. Acacias, San Ignacio

Se conoció a los ingenieros encargados y se supervisó la llegada de un mixer con concreto para columnas del edificio. Se preparó la bomba con la que se transportó el concreto y se supervisaron los ensayos de revenimiento y temperatura (ilustración 46).



Ilustración 46. Ensayos en el concreto premezclado

4.1.2.4 Jueves 28 de enero del 2021

Para el concreto enviado a la Embajada Americana, se realizaron los ensayos de densidad, temperatura y revenimiento y compararon con los valores obtenidos en campo.

4.1.2.5 Viernes 29 de enero del 2021

Se comenzó a entregar concreto a la Embajada Americana desde las 6:00 am y de forma aleatoria se escogieron camiones a los cuales se les realizó ensayos de densidad, temperatura y revenimiento (ilustración 47).



Ilustración 47. Toma de datos para ensayos en el concreto

Al final del día se realizó el informe con los resultados de los ensayos del día anterior, parte del informe se muestra en la ilustración 48:

El presente informe presenta los datos y resultados obtenidos el 28 de enero de 2021 para los ensayos de densidad (ASTM C138), temperatura (ASTM C1064) y revenimiento (ASTM 143) del concreto. Los datos fueron tomados para el concreto solicitado por la Embajada Americana, de 42 MPa. Se compararon los resultados obtenidos con las especificaciones de Instituto Americano del Concreto (ACI) y adicionalmente, se realizó un estudio estadístico inferencial (intervalos de confianza, predicción y pruebas de hipótesis) para poder concluir, a partir de la muestra, sobre la población.

1.1 DATOS OBTENIDOS

 HOJA DE DATOS Prueba estándar para densidad (peso unitario) ASTM C138 / Temperatura ASTM C1064 / Revenimiento ASTM C143			
Código:	Fecha de vigencia:	Revisión:	Hoja:
Fecha ejecución de ensayo:	28-ene-21	Tamaño camión (m ³):	7
Persona que tomó datos:	Bessy M. Ramos	Resistencia 28 días:	42 MPa
Cliente:	B.L Harbert International, LLC	Cemento utilizado:	Tipo I
Proyecto:	Embajada Americana		
Datos de ensayo:			
#1			
Hora:	6:27 AM	Camión No.:	M-05
Revenimiento:	9 1/2 pulg.	Volumen molde:	0.007041 m ³
Temperatura:	25.4 °C	Peso molde vacío:	3.48 kg
		Peso molde + concreto:	19.81 kg
#2			
Hora:	7:10 AM	Camión No.:	M-07
Revenimiento:	9 1/2 pulg.	Volumen molde:	0.007041 m ³
Temperatura:	28.0 °C	Peso molde vacío:	3.49 kg
		Peso molde + concreto:	20.13 kg
#3			
Hora:	7:51 AM	Camión No.:	M-05
Revenimiento:	9 3/4 pulg.	Volumen molde:	0.007041 m ³
Temperatura:	24.0 °C	Peso molde vacío:	3.49 kg
		Peso molde + concreto:	19.79 kg

Ilustración 48. Informe de resultados de ensayos 28-ene

4.1.3 SEMANA 3, DEL 01 AL 05 DE FEBRERO

Durante la tercera semana de práctica profesional se recibió una capacitación por parte de un laboratorista de ARGOS para poder calibrar el permeabilímetro utilizado en el ensayo de Blaine. Se realizaron ensayos en el concreto enviado a los proyectos de la Embajada Americana y Acacias, San Ignacio. También, se compararon los resultados de los ensayos en el cemento obtenidos en Concremix con los de ARGOS.

Tabla 10. Resumen de actividades semana 3

Cuadro resumen de actividades de la semana 3					
Actividad	Lunes 01	Martes 02	Miércoles 03	Jueves 04	Viernes 05
GABINETE					
1. Informe de ensayo de densidad					
2. Informe de cemento Concremix/ARGOS					
CAMPO					
1. Ensayos en el concreto					
2. Calibración de permeabilímetro con ARGOS					

Elaboración propia.

4.1.3.1 Lunes 01 de febrero del 2021

Se realizaron ensayos de densidad, temperatura y revenimiento en el concreto enviado a la Embajada Americana, un concreto con resistencia de 42 MPa y agregado máximo de 3/8", es decir, un concreto TREMIE (ilustración 49).



Ilustración 49. Concreto TREMIE de 42 MPa

4.1.3.2 Martes 02 de febrero del 2021

Por la mañana se recibió una capacitación por parte del personal de ARGOS (ilustración 50) sobre cómo calibrar el permeabilímetro (ilustración 51) o aparato Blaine, que se utiliza en el ensayo ASTM C204 para determinar la fineza del cemento.



Ilustración 50. Personal de ARGOS en capacitación sobre capacitación del permeabilímetro



Ilustración 51. Permeabilímetro (aparato Blaine)

Uno de los materiales para la calibración es el mercurio:



Ilustración 52. Mercurio utilizado en calibración del permeabilímetro

Por la tarde se realizaron ensayos en el concreto TREMIE de 42 MPa.

4.1.3.3 Miércoles 03 de febrero del 2021

Con los certificados de calidad que ARGOS le otorga a Concremix sobre cada lote de cemento que es entregado, y con los datos que Concremix obtiene de los ensayos en su laboratorio, se realizó un informe (ilustración 53) en donde se comparó resultados.

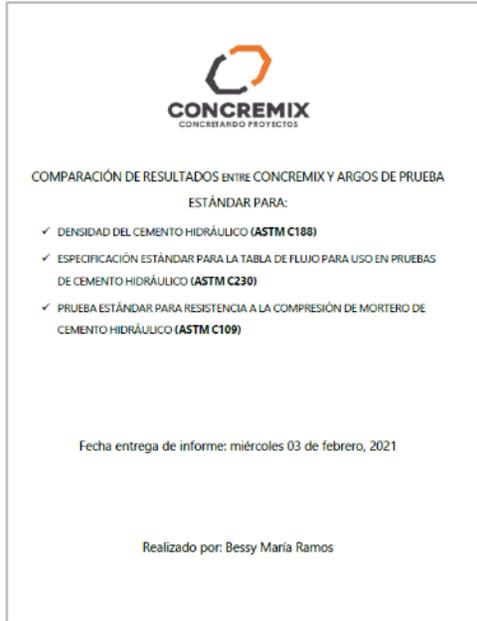


Ilustración 53. Portada de informe comparación Concremix y ARGOS

En el informe se incluyeron gráficas que muestran el comportamiento de ciertos parámetros del cemento y a su vez se compararon con los requisitos exigidos por las normas.

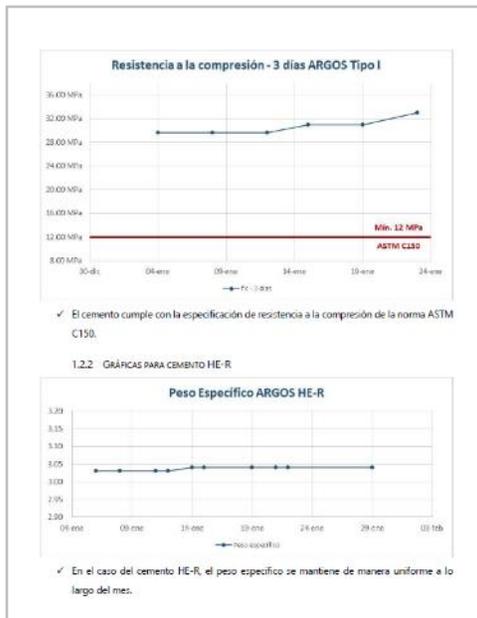


Ilustración 54. Gráficas en informe comparación Concremix y ARGOS

4.1.3.4 Jueves 04 de febrero del 2021

En el concreto enviado a la Embajada Americana, un TREMIE 42 MPa, se realizaron ensayos de densidad, revenimiento, temperatura y contenido de aire (ilustración 55) siguiendo los

lineamientos de la norma ASTM C231, método a presión para determinar el contenido de aire de un concreto en estado fresco.



Ilustración 55. Ensayo ASTM C231 para contenido de aire del concreto fresco

4.1.3.5 *Viernes 05 de febrero del 2021*

Después de realizar ensayos en el concreto, se elaboró un informe con los datos (ilustración 56) y resultados obtenidos, verificando que cumplieran con la normativa.

 HOJA DE DATOS Prueba estándar para densidad (peso unitario) ASTM C138 / Temperatura ASTM C1064 / Revenimiento ASTM C143			
Código:	Fecha de vigencia:	Revisión:	Hoja:
Fecha ejecución de ensayo:	05-feb-21	Tamaño camión (m ³):	
Persona que tomó datos:	Betsy M. Ramos	Resistencia 28 días:	42 Mpa
Cliente:	B.L. Harbert International, LLC	Cemento utilizado:	Tipo I
Proyecto:	Embajada Americana		
Datos de ensayo:			
#1		Planta No.:	P-1
Hora:	9:21 AM	Carrón No.:	M-1
Revenimiento:	10 pulg.	Volumen molde:	0.007041 m ³
Temperatura:	25.7 °C	Peso molde vacío:	3.52 kg
		Peso molde + concreto:	19.77 kg
			
Resultado		# especificación	Norma

Ilustración 56. Datos recolectados en ensayos en el concreto

Elaboración propia.

4.1.4 SEMANA 4, DEL 08 AL 12 DE FEBRERO

En la cuarta semana de práctica profesional se le practicaron ensayos al cemento utilizado en las mezclas de concreto, tanto tipo I como HE-R. Se supo por parte de la Embajada Americana que las densidades calculadas en el proyecto eran menores que las calculadas en la planta, por lo que

se decidió monitorear una mezcla de concreto TREMIE 42 MPa, ya que en ese concreto se presentaban esas diferencias. Se comenzó a documentar el procedimiento para la calibración del aparato de Blaine. En resumen:

Tabla 11. Resumen de actividades semana 4

Cuadro resumen de actividades de la semana 4					
Actividad	Lunes 08	Martes 09	Miércoles 10	Jueves 11	Viernes 12
GABINETE					
1. Informe de ensayo de densidad					
2. Informe para calibración de permeabilímetro					
CAMPO					
1. Ensayos en el concreto					
2. Ensayos en el cemento					
3. Monitoreo de densidad del concreto					

Elaboración propia.

4.1.4.1 Lunes 08 de febrero del 2021

Se verificó que las densidades de los aditivos (ilustración 57) cumplieran con las indicadas en las especificaciones, utilizando un densímetro.



Ilustración 57. Determinación de la densidad de aditivos

Se realizaron ensayos en el cemento (HE-R), ASTM C230 Flujo para pruebas de cemento (ilustración 58) y cubos de cemento (ilustración 59) para poder aplicar ASTM C109 Resistencia a la compresión de cubos de cemento.



Ilustración 58. Prueba de flujo del cemento

La norma ASTM C230 exige un flujo en el cemento de $110 \pm 5\%$.



Ilustración 59. Cubos de cemento

4.1.4.2 Martes 09 de febrero del 2021

Por la mañana se realizaron ensayos en el concreto enviado a la Embajada Americana, temperatura, densidad y revenimiento, corroborando que cumplieran con la norma y el diseño. Después se ensayaron los cubos de cemento que corresponden a 1 día.



Ilustración 60. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento

Los cubos cumplieron con el requisito de la norma ASTM C109 para un cemento de alta resistencia a edades tempranas, que es una resistencia de mínimo 12 MPa.

4.1.4.3 Miércoles 10 de febrero del 2021

Se comenzó a elaborar un documento (ilustración 61) en el que se especifica el procedimiento de calibración del aparato de Blaine, según las recomendaciones de la capacitación recibida por ARGOS y la norma ASTM C204.

	PROCEDIMIENTO PARA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL PERMEABILÍMETRO		
	Código: CX-	Vigencia: 01-##-2021	Revisión: 1.0
INTRODUCCIÓN			
<p>Las partículas de cemento, por ser muy pequeñas, no pueden ser separadas por mallas. Por esta razón, el grado de finura del cemento se mide por otro tipo de métodos y parámetros. El parámetro de medición de la finura del cemento es el área específica, expresada como el área de la superficie total en cm^2 por gramo de cemento (o m^2 por Kg de cemento). El área especificada en cm^2/g significa la cantidad de superficie que un gramo de partículas de cemento pueden cubrir. Así, un cemento con área específica mayor será más fino que otro con área específica menor.</p> <p>Para medir la finura del cemento se puede utilizar el aparato de Blaine, el cual usa un método de permeabilidad al aire. La superficie específica se determina haciendo pasar una cantidad definida de aire por una muestra preparada en una determinada forma; la cantidad de aire que pasa es en función del tamaño y de la distribución de tamaños de las partículas.</p> <p>La calibración del aparato de permeabilidad de Blaine consiste en la determinación del peso exacto de cemento que debe introducirse en la celda de permeabilidad con el fin de conocer el "factor del aparato". Este factor es una constante que sirve para calcular la finura del cemento Portland en términos de área superficial por gramos de cemento. (Neville, 1968)</p> <p>Objetivo: Describir una metodología para la calibración del permeabilímetro utilizado en la determinación de la superficie específica Blaine de cementos.</p>			

Ilustración 61. Portada del procedimiento para calibración del aparato de Blaine documentado

Elaboración propia.

En el documento se especifican los recursos necesarios y se explica el procedimiento paso por paso.

	PROCEDIMIENTO PARA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL PERMEABILÍMETRO		
	Código: CX-	Vigencia: 01-##-2021	Revisión: 1.0
NORMATIVA			
<ul style="list-style-type: none"> • ASTM C204 - 07. Métodos de prueba estándar para determinar la finura del cemento hidráulico mediante un aparato de permeabilidad al aire. 			
PROCEDIMIENTO			
<p>Calibración de la cápsula</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar lectura de la temperatura del ambiente donde se está realizando la calibración del permeabilímetro, la cual no debe ser mayor a 22 °C. 2. Colocar en la cápsula el disco metálico perforado y 2 papeles filtro (Humboldt Ø 12.70 mm). 3. Llenar la cápsula con mercurio limpio (utilice guantes para evitar el contacto directo con el mercurio); enrase con una placa plana de vidrio. 4. Colocar un beaker de 100 ml en la balanza y tarar. 5. Retirar el contenido de mercurio de la cápsula y depositar en el beaker dentro de la balanza con el cuidado de no derramar nada de mercurio. 6. Repetir los pasos 1 – 5 tres veces. 7. Calcular un promedio de los tres pesos y anotar como m_w. 8. Colocar el contenido de una ampolla del patrón de cemento Standard 114n para superficie en un bote plástico nuevo y esterilizado de 100 cm^3, tape y agite durante 2 minutos para disgregar el cemento y romper terrones. 9. Dejar reposar la muestra de cemento Standard por 2 minutos y mezclar con una espátula limpia para distribuir toda la fracción fina de la muestra que ha quedado en la superficie después de a agitación. 10. Pesar 2.8000 g de cemento Standard y transferir a la cápsula provista del disco metálico y papel filtro. 11. Colocar un papel filtro en la parte superior del cemento y compactar suavemente con el pistón hasta el tope con la parte superior de la cápsula. 			

Ilustración 62. Parte del procedimiento de calibración del aparato de Blaine

Elaboración propia.

Por la tarde se decidió hacer un diseño de concreto en laboratorio específicamente para poder monitorear su densidad a medida que avanza el tiempo. Se hizo una mezcla de 0.03 m^3 en una mezcladora de concreto (ilustración 63) y cada cierto tiempo se le calculó la densidad.



Ilustración 63. Mezcla de concreto en laboratorio

El diseño de concreto fue realizado para una resistencia a los 28 días de 42 MPa y con agregado máximo de $3/8''$, es decir un concreto TREMIE. Pevio a elaborar la mezcla, se determinó la humedad de los agregados (ilustración 64).



Ilustración 64. Determinación de humedades en agregados

Se comprobó que el revenimiento del concreto fuera el especificado en el diseño, de $10 \frac{1}{2}''$:



Ilustración 65. Revenimiento del concreto TREMIE en laboratorio

La densidad se determinó cada cierto tiempo y se registró cada dato obtenido.



Ilustración 66. Determinación de la densidad del concreto TREMIE en laboratorio

Se observó que a medida pasa el tiempo, y mientras el concreto siga mezclándose, se presenta una disminución en la densidad, hasta llegar a un punto en el que ya no cumple con la norma ACI 318S-14. Se determinó el porcentaje que disminuyó en total la densidad (ilustración 67).

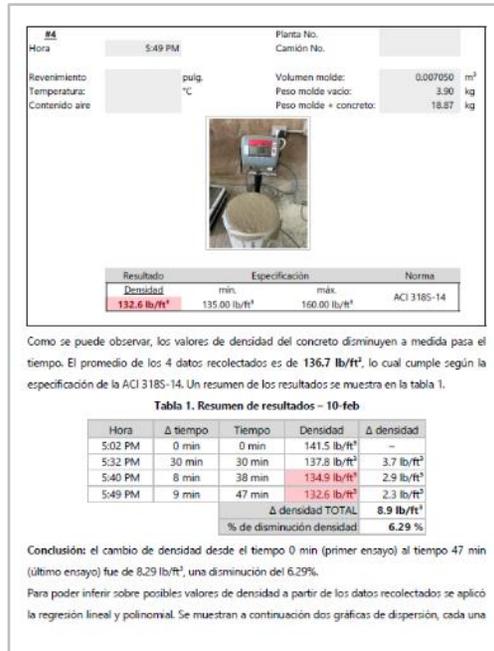


Ilustración 67. Resultados de densidad del concreto TREMIE en laboratorio

4.1.4.4 Jueves 11 de febrero del 2021

En vista de que se observó que ocurre una disminución en la densidad del concreto TREMIE, se decidió elaborar una mezcla de un concreto TREMIE para repetir el experimento del día anterior y monitorear la densidad. Primero, se elaboró una mezcla igual a la del día anterior con la excepción de que en lugar del aditivo Admix FXL2, se utilizó el Admix F5, esto con el objetivo de determinar si el aditivo es quien causa una disminución de la densidad del concreto. Se observó que la densidad del concreto se mantenía prácticamente constante y las diferencias entre los valores no eran mayores (ilustración 68).

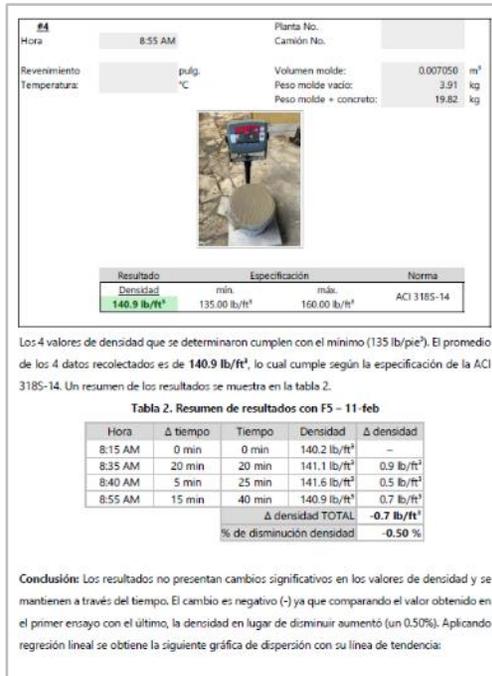


Ilustración 68. Densidad del concreto con Admix F5

Elaboración propia.

Para terminar de comprobar si el aditivo Admix FXL2 es quien ocasiona una disminución en la densidad del concreto, se realizó otra mezcla con ese aditivo y no con Admix F5, es decir una mezcla de concreto igual a la del día anterior. Se observó nuevamente que a medida transcurre el tiempo, la densidad del concreto disminuye. En el informe se incluyó una gráfica para ilustrar el comportamiento de la densidad del concreto en función del tipo de aditivo utilizado (ilustración 69).

1.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En la siguiente gráfica se pueden observar los resultados de densidad obtenidos en las tres muestras:



Ilustración 11. Resultados de densidad de las tres muestras

Como se puede observar, al utilizar el aditivo Admix FXL2 se genera una disminución en la densidad del concreto a medida que pasa el tiempo. En cambio, utilizando el aditivo Admix F5 no ocurre una disminución de la densidad del concreto y se mantiene estable a medida que pasa el tiempo.

Ilustración 69. Comparación de densidades de concreto TREMIE en laboratorio

Elaboración propia.

4.1.4.5 Viernes 12 de febrero del 2021

Se ensayaron a compresión cubos de cementos (ilustración 70) según la norma ASTM C109.



Ilustración 70. Cubos de cemento a ensayados a compresión

4.1.5 SEMANA 5, DEL 15 AL 19 DE FEBRERO

Durante la quinta semana se realizaron ensayo en el cemento: resistencia a la compresión de cubos de cemento y densidad del cemento. También se realizaron ensayos en el concreto. Se repitió el experimento de monitorear la densidad del concreto y observar el cambio que se produce a medida pasa el tiempo. En resumen, se realizaron las actividades de la tabla 12.

Tabla 12. Resumen de actividades semana 5

Cuadro resumen de actividades de la semana 5					
Actividad	Lunes 15	Martes 16	Miércoles 17	Jueves 18	Viernes 19
GABINETE					
1. Informe de ensayo de densidad					
CAMPO					
1. Ensayos en el concreto					
2. Ensayos en el cemento					
3. Monitoreo de densidad del concreto					
4. Dosificación en planta					

Elaboración propia.

4.1.5.1 Lunes 15 de febrero del 2021

En el primer día de la semana se realizaron ensayos en el cemento. Se elaboraron cubos de cemento tipo I con relación a/c de 0.485 como indica la norma ASTM C109. Para este cemento no es necesario realizar ensayo de flujo previo a elaborar los cubos, como en el caso del cemento HE-R. También se elaboraron cubos con cemento HE-R y relación a/c de 0.52.



Ilustración 71. Cubos de cemento tipo I y HE-R

Se realizó el ensayo de densidad del cemento para un HE-R utilizando queroseno.



Ilustración 72. Ensayo de densidad de cemento HE-R

4.1.5.2 Martes 16 de febrero del 2021

De los cubos elaborados el día anterior, se ensayaron los que corresponden a 1 día.



Ilustración 73. Ensayo de compresión en cubos de cemento

Se ayudó a cargar un mixer con un concreto enviado al proyecto de la Embajada Americana, un concreto de 42 MPa.



Ilustración 74. Dosificación en planta

Después de que pasaron 24 horas, se tomó la lectura en el matraz para determinar la densidad del cemento. La densidad resultó de 3.03.



Ilustración 75. Ensayo de densidad del cemento HE-R después de 24 horas

4.1.5.3 Miércoles 17 de febrero del 2021

Se decidió repetir el experimento de monitorear la densidad del concreto pero esta vez tratando de encontrar en qué momento se estabilizan los resultados. Para el diseño de la mezcla se calculó el contenido de humedad de los agregados (ilustración 76).



Ilustración 76. Cálculo de contenido de humedad de agregados finos (izquierda) y gruesos (derecha)

El ensayo duró desde las 11:23 am a 2:45 pm. Durante el transcurso del ensayo, se determinó la densidad del concreto cada cierto tiempo.



Ilustración 77. Ensayo de densidad del concreto para experimento

También se realizó el ensayo de contenido de aire de acuerdo con la norma ASTM C231 al inicio y al final del experimento.



Ilustración 78. Ensayo de contenido de aire del concreto para experimento

4.1.5.4 Jueves 18 de febrero del 2021

Se realizaron ensayos en el concreto recién mezclado, revenimiento (ilustración 79) y densidad (ilustración 80).



Ilustración 79. Determinación del revenimiento en concreto fresco



Ilustración 80. Determinación de la densidad del concreto fresco

Del experimento realizado la semana anterior, se ensayaron los cilindros de concreto a 7 días para conocer su resistencia a la compresión.



Ilustración 81. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto

El promedio de los dos cilindros de concreto ensayados alcanzó a los 7 días el 96% de la resistencia correspondiente a los 28 días (42 MPa). Después se ensayaron a compresión cubos de cemento (ilustración 82).



Ilustración 82. Resistencia a la compresión de cubos de cemento

4.1.5.5 Viernes 19 de febrero del 2021

Por la mañana se realizaron ensayos en el concreto fresco. Se revisó la temperatura (ASTM C1064) en planta para verificar que no sea mayor a 35°C (ilustración 83).



Ilustración 83. Ensayo ASTM C1064 en concreto fresco

También se realizó el ensayo de revenimiento (ASTM C143):



Ilustración 84. Ensayo ASTM C143 en concreto fresco

Se determinó la densidad del concreto de acuerdo con la norma ASTM C138:



Ilustración 85. Ensayo ASTM C138 en concreto fresco

Se realizaron los informes que muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el concreto fresco el día anterior y ese día.

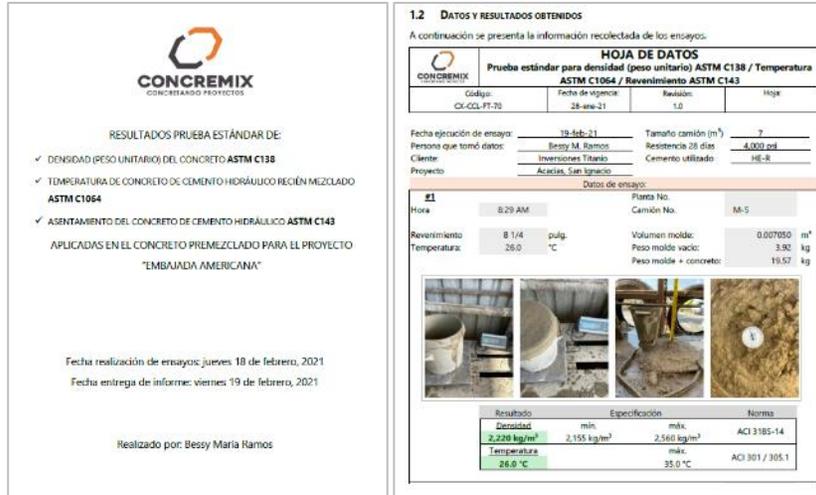


Ilustración 86. Informes de ensayos en el concreto fresco del 18 y 19 de febrero

Elaboración propia.

4.1.6 SEMANA 6, DEL 22 AL 26 DE FEBRERO

Durante la sexta semana de práctica profesional se realizaron diferentes ensayos en el cemento: densidad, resistencia a la compresión de cubos de cemento, flujo y fineza con el aparato de Blaine. También se realizaron ensayos en el concreto fresco: densidad, revenimiento y temperatura. Se revisaron los aditivos que la empresa tiene en inventario con su certificado de calidad. Se sacaron muestras de dichos aditivos para enviarlos a Lazarus para comprobar que estén en buenas condiciones. Se comenzó a mejorar el formato existente para el análisis del cemento.

Tabla 13. Resumen de actividades semana 6

Cuadro resumen de actividades de la semana 6					
Actividad	Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 25
GABINETE					
1. Formato para el análisis del cemento					
CAMPO					
1. Ensayos en el concreto					
2. Ensayos en el cemento					
3. Inspección de aditivos en inventario					

Elaboración propia.

4.1.6.1 Lunes 22 de febrero del 2021

En el primer día de la semana se realizaron ensayos en el cemento HE-R. Primero se verificó que el flujo de la mezcla estuviera dentro de $110 \pm 5\%$.



Ilustración 87. Flujo del cemento

Después se procedió a elaborar los cubos de cemento (6).



Ilustración 88. Cubos de cemento

Se ensayaron cubos de cemento HE-R a 3 días de ser elaborados.



Ilustración 89. Ensayo en cubos de cemento HE-R

4.1.6.2 Martes 23 de febrero del 2021

Por la mañana se inspeccionaron los tótems (ilustración 90) de aditivos que se utilizan en las mezclas de concreto.



Ilustración 90. Tótems de aditivos en planta

Después se recopilaron todos los certificados de calidad (ilustración 91) para revisar las propiedades y fechas de vencimiento.



Ilustración 91. Certificado de calidad de aditivo

Se elaboró un cuadro resumen con la información de los aditivos recolectada en donde aparece el estado de cada aditivo en cuanto a su vencimiento, la fecha de elaboración, ingreso a la planta y expiración, esto para poder llevar un control y utilizar los aditivos que estén próximos a vencerse.

Fecha actual: 24/02/2021

Correo	ADMIX	# Lote	Fecha				Expiración	Inventari	Estado
			Elaboraci	Emisión	Ingreso	Previo			
Á.M.	F5	9070	23-ene-20	03-jun-20	04-jun-20	23-ene-21		-	
Á.M.	F5	9082	30-ene-20	03-jun-20	03-jun-20	30-ene-21		-	
Á.M.	F5	9080	30-ene-20	03-jun-20	03-jun-20	30-ene-21	Si	Vencido en inventario	
Á.M.	F5	9083	31-ene-20	03-jun-20	03-jun-20	31-ene-21	Si	Vencido en inventario	
K.O.	FXL2	9128	20-feb-20	12-nov-20	11-nov-20	20-feb-21		-	
K.O.	FXL2	9150	05-mar-20	12-nov-20	11-nov-20	05-mar-21	Si	En inventario sin expirar	
K.O.	FXL2	9153	05-mar-20	12-nov-20	11-nov-20	05-mar-21	Si	En inventario sin expirar	
K.O.	FXL2	9152	05-mar-20	12-nov-20	12-nov-20	05-mar-21	Si	En inventario sin expirar	
K.O.	DX2	9154	06-mar-20	12-nov-20	11-nov-20	06-mar-21		-	
K.O.	DX2	9155	06-mar-20	12-nov-20	11-nov-20	06-mar-21		-	
K.O.	DX2	9159	09-mar-20	12-nov-20	12-nov-20	09-mar-21	Si	En inventario sin expirar	
K.O.	DX2	9158	09-mar-20	12-nov-20	12-nov-20	09-mar-21		-	
K.O.	DX2	9164	27-mar-20	12-nov-20	12-nov-20	27-mar-21		-	
K.O.	DX2	9171	27-mar-20	12-nov-20	12-nov-20	27-mar-21		-	
Á.M.	DX2	9158	27-mar-20	27-mar-20	12-nov-20	27-mar-21		-	
Á.M.	DX2	9165	27-mar-20	27-mar-20	16-feb-21	27-mar-21	Si	En inventario sin expirar	
Á.M.	DX2	9171	27-mar-20	27-mar-20	12-nov-20	27-mar-21		-	
Á.M.	DX2	9159	27-mar-20	27-mar-20	12-nov-20	27-mar-21		-	
K.O.	FXL2	9174	28-mar-20	12-nov-20	12-nov-20	28-mar-21	Si	En inventario sin expirar	
K.O.	FXL2	9172	28-mar-20	12-nov-20	11-nov-20	28-mar-21	Si	En inventario sin expirar	

“-” → ya se utilizó
 Vencido
 Vencido en inventario
 En inventario sin expirar

Ilustración 92. Cuadro para control de aditivos en planta

Se elaboraron cubos con cemento HE-R y se verificó que la mezcla (ilustración 93) cumpliera con la fluidez especificada de 110±5% (ilustración 94).



Ilustración 93. Mezcla de cemento con arena Ottawa y agua



Ilustración 94. Verificación del flujo del cemento

También se ensayaron cubos de cemento tipo I a 7 días:



Ilustración 95. Prueba de compresión en cubos de cemento

4.1.6.3 Miércoles 24 de febrero del 2021

Se realizó el ensayo ASTM C204 con el permeabilímetro de Blaine (ilustración 96) para poder analizar la finura del cemento.



Ilustración 96. Ensayo de fineza con aparato de Blaine

La muestra de cemento tuvo que ser pesada en una balanza analítica (ilustración 97).



Ilustración 97. Pesado de la muestra de cemento

Se ensayaron a compresión cubos de cemento a 1 día de ser elaborados.



Ilustración 98. Ensayo de compresión en cubos de cemento

4.1.6.4 Jueves 25 de febrero el 2021

Primero se realizó el ensayo ASTM C188 para determinar el peso específico del cemento. Se realizó para el cemento tipo I y HE-R.



Ilustración 99. Ensayo de densidad del cemento

Se ensayaron cubos de cemento a 3 días.



Ilustración 100. Cubos de cemento a compresión

Se comenzó a elaborar un nuevo formato (basándose en el actual) para el análisis del cemento. En el formato (ilustración 101) se dan a conocer las resistencias de los cementos, de cada ensayo realizado.

		Resistencia a la Compresión en Morteros de Cemento Hidráulico ASTM C109									
Código CX-CCL-FT-13		Fecha de vigencia 21-mar-18		Revisión 3.0		Hoja 1 de 1					
ANÁLISIS DE CEMENTO										Resultados ASTM C109 / C1157	
Cisterna	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Código del cubo	Edad de ensayo	Fecha de ruptura	Hora de la prueba	a/c del mortero	Flujo	Carga	Resistencia a la compresión

Ilustración 101. Formato para análisis del cemento

4.1.6.5 Viernes 26 de febrero del 2021

Se realizaron ensayos en el concreto fresco: temperatura y densidad. Los ensayos fueron realizados en un concreto 4,000 psi enviado al proyecto de Acacias en San Ignacio y a un concreto 42 MPa para el proyecto de la Embajada Americana. Se verificó que la temperatura del concreto (ilustración 102) no sobrepasara el límite de 35°C.



Ilustración 102. Temperatura del concreto fresco

Los ensayos en el concreto fresco se realizan en un espacio designado específicamente para eso (ilustración 103) y para limpiar los mixers antes de salir de la planta.



Ilustración 103. Espacio designado para pruebas en concreto fresco

Se extrajeron muestras de algunos de los aditivos (ilustración 104) para que Lazarus los analizara y verificara si estaban en las condiciones correctas para ser utilizados en una mezcla de concreto.



Ilustración 104. Muestras de aditivos Admix

Por último se ensayaron a compresión cubos de cemento a 3 días.



Ilustración 105. Ensayos en cubos de cemento a 3 días

4.1.7 SEMANA 7, DEL 01 AL 05 DE MARZO

Todos los días de la séptima semana de Práctica Profesional se trabajó en ensayos en el cemento, esto porque se buscó recolectar la mayor cantidad posible de información con relación a la resistencia, peso específico y fineza del cemento. Los ensayos realizados fueron ASTM C109, ASTM C188 y ASTM C204. Se realizaron también ensayos en el concreto recién mezclado, ASTM C138, ASTM C1064 y ASTM C143. Se recibió a personal de Lazarus para realizar pruebas en una pasta de cemento con aditivos utilizados en CONCREMIX, S. A. y analizar su comportamiento. Se continuó trabajando en el formato para analizar los resultados de resistencia a la compresión de los cubos de cemento elaborados según norma ASTM C109.

Tabla 14. Resumen de actividades semana 7

Cuadro resumen de actividades de la semana 7					
Actividad	Lunes 01	Martes 02	Miércoles 03	Jueves 04	Viernes 05
GABINETE					
1. Formato para el análisis del cemento					
CAMPO					
1. Ensayos en el cemento					
2. Ensayos en el concreto					
3. Ensayos con aditivos					

Elaboración propia.

4.1.7.1 Lunes 01 de marzo del 2021

El primer día de la semana se dedicó a realizar en ensayo ASTM C109 para cubos de cemento ya que se contaban con varias muestras de diferentes fechas y tipo de cemento (ilustración 106).



Ilustración 106. Muestras del cemento a ser ensayado

Se realizó el ensayo en cuatro muestras de cemento (ilustración 107), tanto de tipo I como HE-R.



Ilustración 107. Cubos de cemento elaborados según ASTM C109

En el caso del cemento HE-R, siempre se verificó que el flujo estuviera entre $110\pm 5\%$ y de no cumplir, se le agregaría más o menos cantidad de agua, según el caso que se presentara.



Ilustración 108. Ensayo ASTM C230 flujo para pruebas de cemento

Asimismo para cada ensayo, se debe determinar la temperatura tanto del cemento como del agua destilada a utilizar.



Ilustración 109. Toma de temperatura del cemento y agua destilada

4.1.7.2 Martes 02 de marzo del 2021

Se desencofraron los cubos de cemento elaborados el día anterior y se limpiaron los moldes (ilustración 110) para poder realizar el ensayo nuevamente.



Ilustración 110. Limpieza de moldes para cubos de cemento

De los cubos elaborados el día anterior, se ensayaron a compresión los correspondientes a 1 día.



Ilustración 111. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento a 1 día

Los cubos restantes y correspondientes a ser ensayados en los días 3, 7 y 28 se colocaron en agua dentro de una cámara de humedad para que se realice el fraguado.



Ilustración 112. Cubos de cemento reposando en agua dentro de cámara de humedad

Posteriormente, realizaron cubos de cemento según la normativa ASTM C109 en otras muestras de cemento.



Ilustración 113. Cubos de cemento elaborados según norma ASTM C109

4.1.7.3 Miércoles 03 de marzo del 2021

Se desencofraron los cubos elaborados el día anterior (ilustración 114) y fueron rotulados según el número que le corresponde a cada uno, con el tipo de cemento (ilustración 115).



Ilustración 114. Desencofrado de cubos de cemento



Ilustración 115. Rotulación de cubos de cemento previo a ser ensayados a compresión

Se continuó trabajando en un nuevo formato de MS Excel para el análisis de resultados de resistencia a la compresión de cubos de cemento (ilustración 116). Se ingresaron los resultados de los ensayos realizados a partir de enero del 2021.

N10 =SI(Y(ESNUMERO(M10);ESNUMERO(M11));PROMEDIO(M10;M11);"")

Resistencia a la Compresión en Morteros de Cemento Hidráulico ASTM C109											Resultados ASTM C150 / C1157	
Código CX-CCL-FT-13		Fecha de vigencia 04-mar-21			Revisión 3.0			Hoja 1 de 1				
ANÁLISIS DE CEMENTO										Resultados ASTM C150 / C1157		
Cisterna	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Código del cubo	Edad de ensayo	Fecha de ruptura	Hora de la prueba	a/c del mortero	Flujo	Carga	Resistencia a la compresión	Promedio CONCREMIX
#11	03-ene-21	11-ene-21	Tipo I	749-1	1	12-ene-21	2:43 PM	0.485	100 %			
				749-2		14-ene-21						
	750-1	3		15-ene-21								
	750-2			18-ene-21								
#6	08-ene-21	12-ene-21	HE-R	751-1	7	18-ene-21	2:15 PM	0.51	106 %			
				751-2		19-feb-21						
	752-1	1		13-ene-21								
	752-2			15-ene-21								
#24	21-ene-21	22-ene-21	HE-R	753-1	3	15-ene-21	3:08 PM	0.52	106 %			
				753-2		19-feb-21						
	754-1	28		9-feb-21								
	754-2			19-feb-21								
				755-1	1	23-ene-21						
				755-2		25-ene-21						
				756-1	3	lunes						
				756-2		19-feb-21						
				757-1	28	viernes						
				757-2								

Ilustración 116. Formato de MS Excel para resultados de resistencia a la compresión de cubos de cemento

4.1.7.4 Jueves 04 de marzo del 2021

Se realizó el ensayo ASTM C188 para conocer el peso específico del cemento. Para esto se utilizaron matraces con queroseno. Se ingresan 64.0 g de cemento en cada matraz (ilustración 117).



Ilustración 117. Ingreso de cemento en matraz para ensayo de peso específico del cemento

Se prepararon tres matraces con queroseno para realizar el ensayo de peso específico el día siguiente. Se dejaron los matraces reposando en la cámara de humedad por 24 horas para poder obtener la lectura inicial correcta.



Ilustración 118. Matraces preparados en cámara de humedad

También se realizó el ensayo ASTM C204 para conocer la finura del cemento, con el permeabilímetro de Blaine (ilustración 119).



Ilustración 119. Permeabilímetro de Blaine para conocer finura del cemento

4.1.7.5 Viernes 05 de marzo del 2021

Por la mañana se realizaron ensayos en el concreto recién mezclado, ASTM C1064 para temperatura, ASTM C143 para revenimiento (ilustración 120) y ASTM C138 para densidad del concreto fresco (ilustración 121).



Ilustración 120. Determinación del revenimiento del concreto recién mezclado



Ilustración 121. Pesado del molde con concreto para ensayo ASTM C138

Se recibió la visita del personal de Lazarus y se realizó un ensayo para determinar la extensibilidad de una pasta de cemento con y sin aditivo de Lazarus, se repitió el ensayo con un cemento viejo (de enero) y uno nuevo (de marzo).



Ilustración 122. Prueba en cemento con personal de Lazarus

Después de colocar cierta cantidad de aditivo en la pasta mientras se mezcla, se colocó sobre un recipiente y dejó caer para poder medir su extensibilidad (ilustración 123) y observar el comportamiento y efecto del aditivo.



Ilustración 123. Medición de extensibilidad de la pasta de cemento

También se ensayaron a compresión cubos de cemento HE-R a tres días.



Ilustración 124. Cálculo de resistencia a la compresión de cubos de cemento

4.1.8 SEMANA 8, DEL 08 AL 12 DE MARZO

Durante la octava semana de Práctica Profesional se realizó la prueba estándar ASTM C109 para cubos de cemento y se ensayaron cubos a diferentes edades de acuerdo con la misma norma. En uno de los ensayos se tuvo supervisión por parte del encargado de laboratorios de CONCREMIX, S. A. También se terminó el nuevo formato para análisis de resultados de resistencia a la compresión de los cubos de cemento. Se elaboró un informe en el cual se muestran los resultados de todos los ensayos realizados en el cemento durante febrero; en el informe también se incluye una comparación de los resultados obtenidos en CONCREMIX, S. A. y ARGOS.

También se entregó un informe con los resultados de los ensayos ASTM C138, ASTM C1064 y ASTM C143 realizados en el concreto recién mezclado.

Tabla 15. Resumen de actividades semana 8

Cuadro resumen de actividades de la semana 8					
Actividad	Lunes 08	Martes 09	Miércoles 10	Jueves 11	Viernes 12
GABINETE					
1. Formato para el análisis del cemento					
2. Informe resultados del cemento					
3. Informe de ensayo de densidad					
CAMPO					
1. Ensayos en el cemento					
2. Dosificación en planta					

Elaboración propia.

4.1.8.1 Lunes 08 de marzo del 2021

Por la mañana se ensayaron cubos de cemento según la norma ASTM C109 en las horas correspondientes de cada muestra.



Ilustración 125. Colocación de cubos de cemento en máquina de compresión

Después del ensayo, se limpiaron los moldes utilizados para la elaboración de los cubos. Los restos del mortero deben ser completamente removidos.



Ilustración 126. Limpieza de moldes para ensayo de cubos de cemento

Debido a algunos resultados bajos en resistencia a la compresión de algunos cubos, se repitió el ensayo con el mismo cemento pero esta vez con supervisión para verificar que se esté realizando de la manera correcta.



Ilustración 127. Ensayo de flujo del cemento bajo supervisión

Se elaboraron los cubos y se ingresaron en la cámara de humedad.



Ilustración 128. Cubos de cementos en cámara de humedad

4.1.8.2 *Martes 09 de marzo del 2021*

Se ensayaron los cubos de cemento elaborados el día anterior para calcular su resistencia a la compresión a 1 día.



Ilustración 129. Ensayo ASTM C109 para cálculo de resistencia a la compresión

También se ayudó en la planta No.2 a dosificar y cargar dos mixers enviados al proyecto de la Embajada Americana.



Ilustración 130. Dosificación de mezclas de concreto

Después se elaboraron más cubos de cemento, según norma ASTM C109 y con cementos HE-R y tipo I.



Ilustración 131. Cubos elaborados según norma ASTM C109

4.1.8.3 Miércoles 10 de marzo del 2021

Los cubos de cemento elaborados el día anterior, fueron ensayados a compresión según norma ASTM C109.



Ilustración 132. Determinación de la resistencia a la compresión de cubos de cemento

Se trabajó y terminó el nuevo formato (ilustración 133) para analizar los resultados de resistencia a la compresión de los cubos de cemento.

CONCREMIX		Resistencia a la Compresión en Morteros de Cemento Hidráulico ASTM C109				Datos de entrada		Tipo I - ASTM C150 (MPa)			HE-R - ASTM C1157 (MPa)							
Código	Fecha de vigencia	Revisión	Hoja				1 día	3 días	7 días	1 día	3 días	28 días						
CX-CCL-FT-13	04-mar-21	3.0	1 de 1				NO CUMPLE SEGUN NORMA	<-12.00	<-19.00	<-12.00	<-24.00	-						
							CUMPLE / ADVERTENCIA	<-17.60	12 - 23.24	19 - 31.27	12 - 16.13	24 - 27.14	<-40.23					
							SI CUMPLE LA META	>17.60	>23.24	>31.27	>16.13	>27.14	>40.23					
ANÁLISIS DE CEMENTO																		
Sistema	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Código del cubo	Edad de ensayo	Fecha de ingruera	Hora de la prueba	a/c del mortero	Flujo	Carga	Resistencia a la compresión	Promedio CONCREMIX	Resultado ARGOS	Relación a/c ARGOS	Flujo ARGOS	ADVERTENCIAS	OBSERVACIONES	
#11	03-ene-21	11-ene-21	Tipo I	749-1	1	12-ene-21				12,660 lbs	3,165 psi	21.82 MPa	21.05 MPa					
				749-2		martes			11,770 lbs	2,943 psi	20.29 MPa							
				750-1	3	14-ene-21	2:43 PM	0.485	16,250 lbs	4,063 psi	28.01 MPa							
				750-2		viernes			16,260 lbs	4,065 psi	28.03 MPa							
				751-1	7	18-ene-21			19,690 lbs	4,523 psi	33.94 MPa							
#6	08-ene-21	12-ene-21	HE-R	751-2		lunes			19,950 lbs	4,988 psi	34.39 MPa	19.20 MPa	18.27 MPa	0.51	106 %		Concremix obtuvo 0.92 MPa más que ARGOS con la misma cantidad de agua Concremix obtuvo 1.28 MPa más que ARGOS con la misma cantidad de agua	
				752-1	1	13-ene-21	2:15 PM	0.51	11,750 lbs	2,938 psi	20.25 MPa							
				752-2		miércoles			10,530 lbs	2,633 psi	18.15 MPa							
				753-1	3	15-ene-21			15,920 lbs	3,580 psi	27.44 MPa							
				753-2		viernes			16,510 lbs	4,078 psi	28.11 MPa							
#24	21-ene-21	22-ene-21	HE-R	754-1	28	9-feb-21				9,960 lbs	2,490 psi	17.17 MPa	16.75 MPa	19.90 MPa	0.52	110 %		ARGOS obtuvo 3.15 MPa más que Concremix con la misma cantidad de
				755-1	1	23-ene-21	3:08 PM	0.52	9,470 lbs	2,368 psi	16.32 MPa							
				755-2		sábado			15,000 lbs	3,793 psi	25.94 MPa							
				756-1	3	25-ene-21			14,370 lbs	3,593 psi	24.77 MPa							
				757-1		lunes												
757-2	28	19-feb-21																

Ilustración 133. Formato nuevo para análisis de resistencia a la compresión de cubos de cemento

Este nuevo formato facilita al usuario el ingreso de los datos. Todas las celdas que el usuario debe llenar son las que están en color gris, como se indica en la parte superior de la hoja. Primero se ingresa el número de cisterna del cual se extrae la muestra de cemento, la fecha de producción y de elaboración del ensayo y automáticamente aparece el día que corresponde a las fechas ingresadas (ilustración 134).

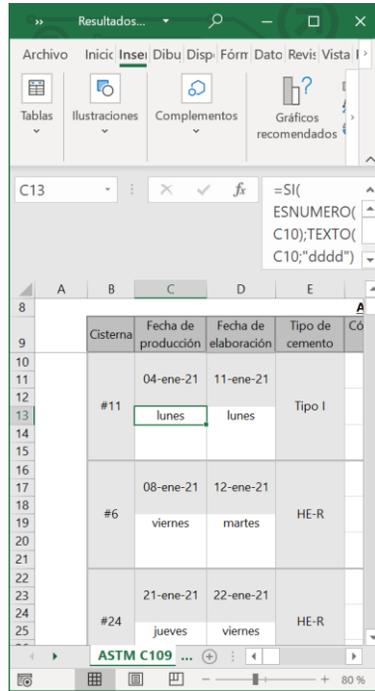


Ilustración 134. Ingreso de fechas en nuevo formato para análisis de cubos de cemento

Después de llenar esas celdas, aparece automáticamente el código de cada cubo sin tener que ingresarlo manualmente (ilustración 135). Asimismo, se selecciona de una lista el tipo de cemento al cual se realiza el ensayo.

Dependiendo del tipo de cemento seleccionado, aparecen las fechas en las cuales se someterán los cubos a compresión. Si es cemento tipo I, se ensayarán a 1, 3 y 7 días y si es HE-R, se ensayarán a 1, 3 y 28 días.

Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Código del cubo	Edad de ensayo	Fecha de ruptura
11-ene-21	Tipo I	749-1	1	12-ene-21
lunes		749-2	1	martes
		750-1	3	14-ene-21
		750-2	3	jueves
		751-1	7	18-ene-21
751-2	7	lunes		
12-ene-21	HE-R	752-1	1	13-ene-21
martes		752-2	1	miércoles
		753-1	3	15-ene-21
viernes		753-2	3	viernes
		754-1	28	9-feb-21
22-ene-21		754-2	28	martes
		755-1	1	23-ene-21
755-2	1	sábado		

Ilustración 135. Edades de ensayo en nuevo formato para análisis de cubos de cemento

Se ingresa la hora de la prueba, la relación a/c utilizada y el flujo obtenido, como se muestra en la ilustración 136. Una vez que se han ensayado los cubos a compresión, se ingresa el resultado de carga soportada en la columna "Carga", automáticamente se calcula la resistencia a la compresión en psi y MPa. Los valores de resistencia a la compresión que estén por debajo de la norma ASTM C150 para cemento tipo I y ASTM C1157 para cemento HE-R aparecerán en rojo, e color amarillo los que están por debajo del promedio de resistencia que ha tenido la empresa en los últimos años y en verde cuando el resultados esté por encima de ese promedio. También se calcula la resistencia promedio para cada edad una vez que se han ingresado los dos resultados de carga.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

Resultados ASTM C150 / C1157							
9	Hora de la prueba	a/c del mortero	Flujo	Carga	Resistencia a la compresión	Promedio CONCREMIX	
10	2:43 PM	0.485	100 %	12,660 lbs	3,165 psi	21.82 MPa	21.05 MPa
11				11,770 lbs	2,943 psi	20.29 MPa	
12				16,250 lbs	4,063 psi	28.01 MPa	
13				16,260 lbs	4,065 psi	28.03 MPa	
14				19,690 lbs	4,923 psi	33.94 MPa	
15				19,950 lbs	4,988 psi	34.39 MPa	34.16 MPa
16	2:15 PM	0.51	106 %	11,750 lbs	2,938 psi	20.25 MPa	19.20 MPa
17				10,530 lbs	2,633 psi	18.15 MPa	
18				15,920 lbs	3,980 psi	27.44 MPa	
19				16,310 lbs	4,078 psi	28.11 MPa	
20							
21							
22	3:08 PM	0.52	106 %	9,960 lbs	2,490 psi	17.17 MPa	16.75 MPa
23				9,470 lbs	2,368 psi	16.32 MPa	
24				15,050 lbs	3,763 psi	25.94 MPa	
25				14,370 lbs	3,593 psi	24.77 MPa	

Ilustración 136. Cálculo de resistencia a la compresión en nuevo formato para análisis de cubos de cemento

Se agregó una sección en la que se comparan los resultados obtenidos en CONCREMIX, S. A. con los obtenidos en ARGOS para cada muestra de cemento ensayada. Una vez que se ingresan los resultados de ARGOS, automáticamente aparece quién obtuvo una mayor resistencia y por cuánto, asimismo para el cemento HE-R indica al usuario si esa diferencia fue producto de utilizar más cantidad agua o menos (ilustración 136).

	O	P	Q	R	S
8					
9	Promedio CONCREMIX	Resultado ARGOS	Relación a/c ARGOS	Flujo ARGOS	..
16	19.20 MPa	18.27 MPa			Concremix obtuvo 0.93 MPa más que ARGOS con la misma cantidad de agua
18	27.78 MPa	26.50 MPa	0.51	106 %	Concremix obtuvo 1.28 MPa más que ARGOS con la misma cantidad de agua
22	16.75 MPa	19.90 MPa			ARGOS obtuvo 3.15 MPa más que Concremix con la misma cantidad de agua
24	25.36 MPa		0.52	110 %	
28	16.87 MPa	22.53 MPa			ARGOS obtuvo 5.66 MPa más que Concremix
30	25.45 MPa			95 %	

Ilustración 137. Comparación de resultados en nuevo formato para análisis de cubos de cemento

En la parte derecha de la hoja, hay una sección de advertencias y observaciones. En las advertencias aparecería en rojo cuando se realizó una prueba con cemento tipo I y no se haya utilizado una relación a/c de 0.485 y cuando se realizó una prueba con cemento HE-R y el flujo no esté dentro de $110 \pm 5\%$, como se muestra en la ilustración 138. En la columna de observaciones se anotaría cualquier comentario adicional sobre algo ocurrido en el ensayo.

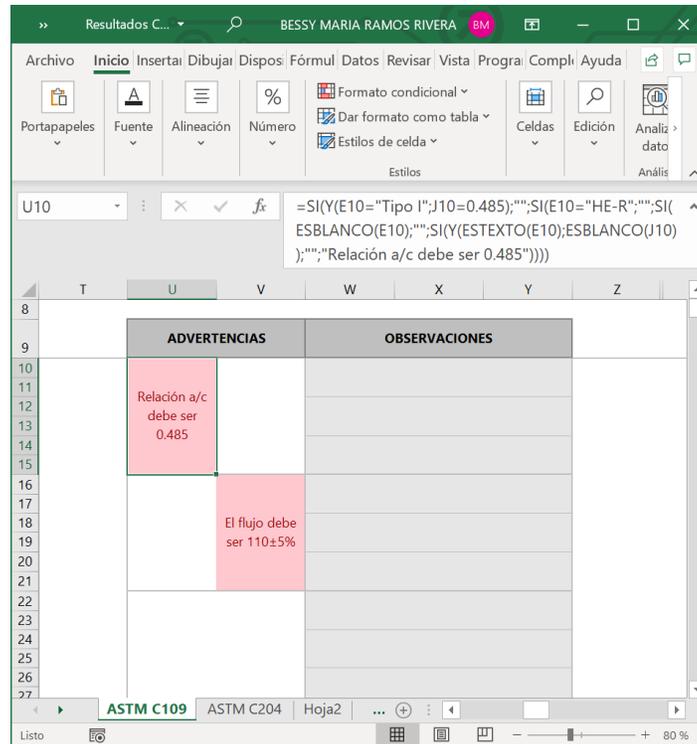


Ilustración 138. Advertencias en nuevo formato para análisis de cubos de cemento

En el nuevo formato se ingresaron los resultados de todos los ensayos realizados en el 2021. Por la tarde se limpiaron los matraces con removedor de concreto para retirar los restos de cemento del ensayo anterior (ilustración 139).



Ilustración 139. Matraz con removedor de concreto

4.1.8.4 Jueves 11 de marzo del 2021

Se ensayaron a 3 días los cubos de cemento elaborados el lunes de la misma semana.



Ilustración 140. Cubos para ensayo de resistencia a la compresión

Cabe mencionar que durante el ensayo de compresión en los cubos se debe verificar siempre que la velocidad en la que se le aplica la carga esté dentro de 200 y 400 lbs/seg. como indica la norma ASTM C109 (ilustración 141).

LABORATORIO CONCREMIX
EN CONCRETO, LO MEJOR

RANGO DE VELOCIDADES PARA APLICACIÓN DE CARGA SEGÚN NORMA ASTM

VELOCIDADES DE CARGA PARA RUPTURA DE CILINDROS SEGÚN ASTM C 39			VELOCIDADES DE CARGA PARA RUPTURA DE VIGAS SEGÚN ASTM C 78		VELOCIDADES DE CARGA PARA RUPTURA DE CUBOS SEGÚN NORMA ASTM C 109	
DIÁMETRO (PULG)	MÍNIMA (LBS/SEG)	MÁXIMA (LBS/SEG)	MÍNIMA (LBS/SEG)	MÁXIMA (LBS/SEG)	MÍNIMA (LBS/SEG)	MÁXIMA (LBS/SEG)
4	352	528	25	35	200	400
6	792	1187				

Ilustración 141. Rango de velocidades para aplicación de carga en ensayo de resistencia a la compresión

1.2 HISTORIAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CEMENTO (ASTM C109) EN CONCREMIX DURANTE 2019, 2020, 2021

Para poder establecer los valores de resistencia a la compresión que CONCREMIX esperaría obtener en los ensayos de cubos de cemento, es decir un límite de advertencia que indica que valores por debajo de este no alcanzan la meta propuesta por la empresa, se utilizó toda la base de datos del 2019, 2020 e inicios del 2021. Se calculó un promedio de resistencia a la compresión para cada día de ensayo y tipo de cemento y se estableció como el valor que se espera alcanzar en próximos ensayos. Parte de la base de datos para el cemento HE-R se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Historial de resistencia a la compresión, HE-R

Datos cemento HE-R 1 día (MPa)				Datos cemento HE-R 3 días (MPa)				Datos cemento HE-R 28 días (MPa)			
	2019	2020	2021		2019	2020	2021		2019	2020	2021
1.	13.08	16.98	20.25	1.	26.29	27.04	27.44	1.	41.82	37.64	
2.	13.22	17.43	18.15	2.	25.61	25.96	28.11	2.	42.47	39.82	
3.	14.12	16.67	17.17	3.	25.58	25.87	25.94	3.	42.23	39.71	
4.	14.41	17.77	16.32	4.	25.72	26.42	24.77	4.	41.33	38.27	
5.	14.00	15.25	13.20	5.	25.82	25.08	26.94	5.	41.57	41.73	
6.	14.38	16.20	10.50	6.	26.04	25.53	25.51	6.	41.02	38.06	
7.	14.88	15.55	15.98	7.	26.46	25.48	28.51	7.	40.61	40.26	
8.	14.93	14.75	16.79	8.	28.44	24.53	28.54	8.	41.28	40.68	
9.	14.91	17.36	16.89	9.	26.87	27.92	24.86	9.	41.45	42.71	
10.	14.63	15.17	14.32	10.	26.65	27.49	23.13	10.	42.04	36.47	
11.	14.86	14.91	15.75	11.	26.92	27.32	26.54	11.	41.33	36.80	
12.	15.32	13.93	17.34	12.	26.29	26.89	26.42	12.	41.82	32.54	

Utilizando toda la base de datos, se obtuvo la siguiente información para el cemento HE-R:

Tabla 2. Resumen de historial de resistencia a la compresión, HE-R

	Resumen HE-R		
	1 día	3 días	28 días
N	242	237	184
Desv. Est.	1.58	1.55	3.01
Promedio	16.13 MPa	27.14 MPa	40.23 MPa

Ilustración 143. Informe resultados de ensayos en el cemento en febrero 2021 #1

Después se presentan todos los resultados obtenidos de los ensayos ASTM C109 para cubos de cemento, ASTM C188 para peso específico del cemento y ASTM C230 para flujo del cemento. Se incluyeron gráficas en las que se puede observar una comparación de resultados entre CONCREMIX, S. A. y ARGOS (ilustración 144).

Tabla 7. Resumen de resistencia a la compresión del cemento HE-R en febrero, 2021

Cemento HE-R						
Fecha	1 día CONCREMIX	1 día ARGOS	3 días CONCREMIX	3 días ARGOS	28 días CONCREMIX	28 días ARGOS
13-feb-21	26.23 MPa	16.93 MPa	28.53 MPa	26.87 MPa	-	-
17-feb-21	15.61 MPa	16.93 MPa	23.99 MPa	26.87 MPa	-	-
20-feb-21	16.55 MPa	20.70 MPa	26.48 MPa	-	-	-
24-feb-21	19.72 MPa	18.37 MPa	30.16 MPa	-	-	-
26-feb-21	19.55 MPa	18.10 MPa	29.65 MPa	-	-	-
27-feb-21	14.90 MPa	17.03 MPa	-	-	-	-

Los valores faltantes no han sido proporcionados por ARGOS.

En las siguiente ilustraciones se visualizan los resultados promedios de resistencia a la compresión del cemento HE-R a 1 y 3 días (no se tienen datos del día 28 por el momento), asimismo se observa si están por debajo del mínimo exigido por la norma ASTM 1157, por debajo del límite de advertencia de CONCREMIX o si cumplen con la meta.

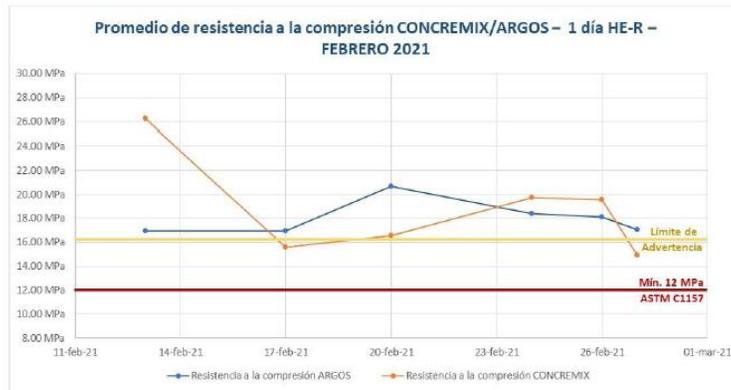


Ilustración 1. Comparativo de resistencia a la compresión a 1 día en febrero del 2021 entre CONCREMIX y ARGOS, HE-R

Ilustración 144. Informe resultados de ensayos en el cemento en febrero 2021 #2

4.1.8.5 Viernes 12 de marzo del 2021

Por la mañana del viernes se elaboraron cubos de cemento según norma ASTM C109.



Ilustración 145. Cubos de cemento elaborados de acuerdo con ASTM C109

También se ensayaron los cubos que correspondieron a esa fecha.



Ilustración 146. Ensayo de resistencia a la compresión en cubos de cemento

Se terminó y entregó el informe en el que se comenzó a trabajar el día anterior sobre los resultados de ensayos en cemento durante febrero (ilustración 147).



Ilustración 147. Portada de informe del cemento en febrero de 2021

Asimismo se entregó un informe (ilustración 148) con los resultados obtenidos de los ensayos en concreto recién mezclado realizados el 05 de marzo.



RESULTADOS PRUEBA ESTÁNDAR DE:

- ✓ DENSIDAD (PESO UNITARIO) DEL CONCRETO **ASTM C138**
 - ✓ TEMPERATURA DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO RECIÉN MEZCLADO **ASTM C1064**
 - ✓ ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO **ASTM C143**
- APLICADAS EN EL CONCRETO PREMEZCLADO PARA EL PROYECTO
"ACACIAS, SAN IGNACIO"

HOJA DE DATOS			
Prueba estándar para densidad (peso unitario) ASTM C138 / Temperatura ASTM C1064 / Revenimiento ASTM C143			
Código:	Fecha de vigencia:	Revisión:	Hoja:
CX-CCL-FT-70	28-ene-21	1.0	1 de 1
Fecha ejecución de ensayo:	05-mar-21	Tamaño camión (m ³):	7
Persona que tomó datos:	Bessy M. Ramos	Resistencia 28 días:	4,000 psi
Cliente:	Inversiones Titanio	Cemento utilizado:	HE-R
Proyecto:	Acacias, San Ignacio		
Datos de ensayo:			
#1		Planta No.	P-1
Hora	7:20 AM	Camión No.	M-16
Revenimiento	8 1/2 pulg.	Volumen molde:	0.007041 m ³
Temperatura:	27.0 °C	Peso molde vacío:	3.51 kg
		Peso molde + concreto:	19.12 kg
			
Resultado	Especificación		Norma
Densidad	min.	máx.	ACI 318S-14
2,217 kg/m ³	2,155 kg/m ³	2,560 kg/m ³	
Temperatura		máx.	ACI 301 / 305.1
27.0 °C		35.0 °C	

Ilustración 148. Informe de resultados en concreto recién mezclado

4.1.9 SEMANA 9, DEL 15 AL 19 DE MARZO

En la novena semana de Práctica Profesional se continuó con los ensayos en el cemento: ASTM C109, ASTM C230, ASTM C188 y ASTM C204. Para poder realizar los ensayos se limpiaron los moldes y matraces necesarios. Se comenzó a trabajar en un formato en MS Excel que calcule la fineza y peso específico del cemento. Se recibió la visita del personal de ARGOS para que realizaran cubos de cemento con cuatro muestras de cemento y comparar los resultados con los obtenidos en CONCREMIX, S. A.

Tabla 16. Resumen de actividades semana 9

Cuadro resumen de actividades de la semana 9					
Actividad	Lunes 15	Martes 16	Miércoles 17	Jueves 18	Viernes 19
GABINETE					
1. Formato para análisis de finura del cemento					
2. Formato para análisis densidad del cemento					
CAMPO					
1. Ensayos en el cemento					
2. Visita de ARGOS para elaborar cubos					

Elaboración propia.

4.1.9.1 Lunes 15 de marzo del 2021

Se ensayaron a compresión cubos de cemento según la norma ASTM C109 y respetando las velocidades de aplicación de carga.



Ilustración 149. Determinación de resistencia a la compresión de cubos de cemento

Se limpiaron los moldes que se utilizan en la elaboración de cubos de cemento para dejarlos preparados para futuros ensayos.



Ilustración 150. Limpieza de moldes para elaboración de cubos de cemento

Se comenzó a elaborar un nuevo formato en MS Excel que pueda calcular la fineza del cemento a partir del ensayo ASTM C204 con el permeabilímetro de Blaine (ilustración 151).

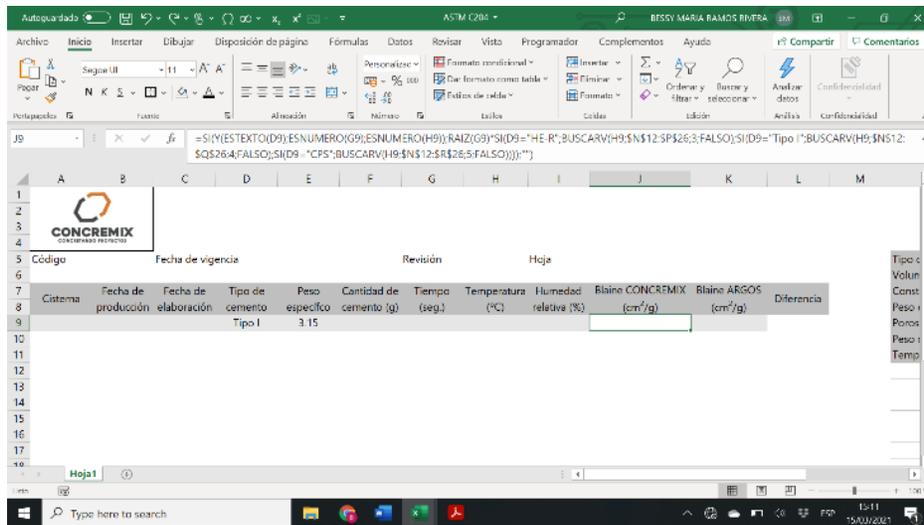


Ilustración 151. Formato preliminar para cálculo de la fineza del cemento

4.1.9.2 Martes 16 de marzo del 2021

Se engrasaron los moldes (ilustración 152) previo a realizar el ensayo ASTM C109 cubos de cemento.



Ilustración 152. Engrasado de moldes para cubos de cemento

Con los moldes limpios, se procedió a elaborar los cubos de cemento, mismos que tienen dos capas de mortero y en cada una se apisona 32 veces.



Ilustración 153. Pasta del mortero en los moldes para ensayo ASTM C109

Se ensayaron cubos de cemento tipo I a 7 días.



Ilustración 154. Cubo de cemento en máquina de compresión

4.1.9.3 *Miércoles 17 de marzo del 2021*

Se desencofraron los cubos de cemento elaborados el día anterior y se rotularon según el número de cubo, edad de ensayo a compresión y tipo de cemento, como se muestra en la ilustración 155.



Ilustración 155. Cubos de cements rotulados

Se ensayaron los cubos de cemento que correspondían a la edad de 1 día.



Ilustración 156. Cubo de cemento en ensayo para determinar resistencia a la compresión

Cabe mencionar que se debe verificar siempre que la cara del cubo sobre la que cae directamente la carga no sea la cara que se enrazó durante la elaboración de los cubos, como se muestra en la ilustración 157.



Ilustración 157. Caras de cubo de cemento

Se dejaron preparados dos matraces con queroseno y dejaron reposando por 24 horas en la cámara de humedad (ilustración 158) antes de realizar en ensayo ASTM C188 para peso específico del cemento.



Ilustración 158. Matraces con queroseno en cámara de humedad

Por último se elaboraron cubos de cemento según norma ASTM C109.



Ilustración 159. Cubos de cemento en cámara de humedad

4.1.9.4 Jueves 18 de marzo del 2021

Se ensayaron a compresión los cubos realizados el día anterior con cemento HE-R, a la edad de 1 día.



Ilustración 160. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de cemento ASTM C109

Debido a que se observó a partir de los cubos ensayados en las semanas anteriores que el cemento, en especial el HE-R, estaba dando resistencias a la compresión bajas, se comunicó la información y envió los reportes de los ensayos a ARGOS. Se recibió una visita de laboratoristas y encargado de calidad de ARGOS (ilustración 161) para que realizaran los cubos de cemento según norma ASTM C109 a muestras de cemento que habían presentado resistencias bajas.



Ilustración 161. Laboratoristas de ARGOS para realizar ensayo ASTM C109

Cabe mencionar que después de ensayar a compresión los cubos elaborados por ARGOS, se llegó a la conclusión de que el cemento sí estaba dando resultados bajos y no era por realizar de manera incorrecta el ensayo.

Se realizó el ensayo ASTM C188 para determinar el peso específico del cemento. En el ensayo se debe pesar 64.0 g de cemento (ilustración 162), como indica la norma.



Ilustración 162. Muestra de cemento para ensayo ASTM C188

Se debe anotar la lectura inicial, el nivel donde se encuentra el queroseno, lectura que debe estar entre 0 y 1, como se muestra en la ilustración 163.



Ilustración 163. Toma de lectura inicial en ensayo ASTM C188

Una vez que se esté vertiendo el cemento en el matraz, se debe tratar de evitar que se acumule el cemento (ilustración 164) y cuando ocurre, agitar el matraz para que se libere.



Ilustración 164. Cemento acumulado en ensayo ASTM C188

Una vez que todo el cemento esté dentro del matraz, se debe extraer el aire que queda atrapado, como se muestra en la ilustración 165 en forma de burbujas y una vez que no haya ninguna, se coloca el matraz dentro de la cámara de humedad para que repose por 24 horas antes de leer la lectura final.



Ilustración 165. Aire atrapado en el matraz en ensayo ASTM C188

Después del ensayo se lavaron y dejaron secando dos matraces para que estén listos en el próximo ensayo de peso específico del cemento.



Ilustración 166. Matracos secándose en horno

4.1.9.5 Viernes 19 de marzo del 2021

Se ensayaron a 1 día los cubos de cemento elaborados por personal de ARGOS y a 28 días cubos realizados el mes anterior con cemento HE-R.



Ilustración 167. Ensayo de cubos de cemento a 28 días según norma ASTM C109

Los resultados a la edad de 1 día cumplen con la norma ASTM C1157, sin embargo, como ocurrió con los ensayos elaborados en CONCREMIX, S. A., a la edad de 3 días deja de cumplir.

Se limpiaron los moldes utilizados en el ensayo de cubos, retirando los restos de mortero que quedan.



Ilustración 168. Limpieza y removido de mortero en moldes para ensayo ASTM C109

Se comenzó a crear un nuevo formato en MS Excel que calcule a partir de la información recolectada en el ensayo ASTM C188 el peso específico del cemento.

=SI(Y(ESNUMERO(B12);ESNUMERO(C12);ESTEXTO(D12);ESNUMERO(E12);ESNUMERO(F12);ESNUMERO(G12);ESNUMERO(H12);ESNUMERO(I12);ESNUMERO(J12)))									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Prueba estándar para la densidad del cemento hidráulico ASTM C188							
Código		Fecha de vigencia		Revisión		Hoja			
CX-CCL-		18-mar-21		1.0		1 de 1			
Cisterna	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Cemento pesado (g)	Lectura inicial	Lectura final	Peso específico CONCREMIX	Peso específico ARGOS	Diferencia
	13-feb-21	15-feb-21	HE-R	64.0 g	0.6	21.7	3.03	3.00	0.03
	17-feb-21	25-feb-21	Tipo I	64.0 g	0.4	21.0	3.10	3.10	0.00
	20-feb-21	23-feb-21	HE-R	64.0 g	0.9	22.1	3.02	3.00	0.02
	24-feb-21	05-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.8	21.4	3.11	3.10	0.01
	26-feb-21	05-mar-21	HE-R	64.0 g	0.7	21.7	3.05	3.00	0.05
	26-feb-21	04-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.9	21.7	3.08	3.10	0.02
	02-mar-21	18-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.5			3.10	
	03-mar-21	18-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.2			3.10	

Ilustración 169. Formato preliminar para cálculo del peso específico del cemento ASTM C188

4.1.10 SEMANA 9, DEL 22 AL 26 DE MARZO

En la última semana de Práctica Profesional, se realizaron los ensayos ASTM C109 para cubos de cemento y ASTM C188 para el peso específico del cemento. Se agregaron nuevas funciones en el nuevo formato para análisis de resultados de resistencia a la compresión de los cubos de cemento. Se enseñó al nuevo practicante cómo realizar los ensayos ASTM C109 y ASTM C188 y se supervisó el procedimiento. Se pasó toda la información de los ensayos en los nuevos formatos creados en MS Excel. Asimismo se unieron todos los formatos en un solo documento de MS Excel y se agregó una hoja para el resumen de los resultados. Se recibió la visita de cierre por parte de la Ing. Karla Uclés.

Tabla 17. Resumen de actividades semana 10

Cuadro resumen de actividades de la semana 10					
Actividad	Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 26
GABINETE					
1. Formato para análisis de finura del cemento					
2. Formato para análisis densidad del cemento					
3. Formato para el análisis del cemento					
CAMPO					
1. Ensayos en el cemento					
2. Supervisión de ensayos en practicante					

Elaboración propia.

4.1.10.1 Lunes 22 de marzo del 2021

Antes de poder realizar el ensayo ASTM C109 de cubos de cemento, se tuvo que limpiar los moldes necesarios (ilustración 170) y después engrasarlos (ilustración 171).



Ilustración 170. Limpieza de moldes utilizados cubos de cemento



Ilustración 171. Aplicación de aceite en moldes para cubos de cemento

Una vez que los moldes estuvieran preparados, se procedió a elaborar los cubos de cemento con tres diferentes muestras.



Ilustración 172. Cubos de cemento elaborados según norma ASTM C109 en cámara de humedad

Se ensayaron cubos de cemento en la máquina de compresión y siempre verificando que la velocidad de aplicación de carga estuviera entre 200 y 400 lbs/seg.



Ilustración 173. Resistencia a la compresión de cubos de cemento según norma ASTM C109

4.1.10.2 Martes 23 de marzo del 2021

Por la mañana se ensayaron cubos de cemento de diferentes edades.



Ilustración 174. Determinación de resistencia a la compresión del cemento según norma ASTM C109

Se limpiaron los moldes utilizados para elaborar los cubos de cemento, removiendo cualquier resto de mortero de ellos.



Ilustración 175. Preparación de moldes utilizados en cubos de cemento

Por solicitud del Gerente de Calidad y Producción se agregaron más funciones al nuevo formato de análisis de resistencia a la compresión del cemento. A partir de ese momento se desea que se ingrese el número de silo del cual se retira la muestra de cemento (ilustración 176), también se hicieron los cambios para que los filtros pudieran funcionar de la manera correcta.

Cisterna		Silic	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Código del cubo	Edad de ensayo	Fecha de ruptura	Hora de prueba
#17			13-feb-21	15-feb-21	HE-R	764-1	1	16-feb-21	10:00 AM
						764-2	1	martes	
						765-1	3	18-feb-21	
						765-2	3	jueves	
						766-1	28	15-mar-21	
#22			10-feb-21	15-feb-21	Tipo I	767-1	1	16-feb-21	
						767-2	1	martes	
						768-1	3	18-feb-21	
						768-2	3	jueves	
						769-1	7	22-feb-21	
						769-2	7	lunes	

Ilustración 176. Correcciones en nuevo formato para análisis de resistencia a la compresión de cubos de cemento

Anteriormente se tenían tres intervalos de cumplimiento y un color para cada uno. Se solicitó que se agregara un nuevo intervalo de advertencia para tener un mejor control de la resistencia a la compresión del cemento.

4.1.10.3 Miércoles 24 de marzo del 2021

Se realizó el ensayo ASTM C109 frente al nuevo practicante de Ingeniería Civil, para enseñarle los pasos.



Ilustración 177. Ensayo ASTM C109 para cubos de cemento

Después de terminar el ensayo, se supervisó al nuevo practicante el procedimiento.



Ilustración 178. Supervisión al nuevo practicante en ensayo ASTM C109

Se comenzó a pasar toda la información de los ensayos realizados en el cemento a los nuevos formatos creados en MS Excel.



Ilustración 179. Traspaso de información de ensayos en el cemento al nuevo formato

4.1.10.4 Jueves 25 de marzo del 2021

Se realizó frente al nuevo practicante el ensayo ASTM C188 para determinar el peso específico del cemento.



Ilustración 180. Ensayo ASTM C188 para peso específico del cemento

Una vez terminado el ensayo, se supervisó al nuevo practicante realizando el mismo ensayo.



Ilustración 181. Supervisión al nuevo practicante en ensayo ASTM C188

También se ensayaron cubos de cemento según la norma ASTM C109.



Ilustración 182. Manejo de máquina de compresión en ensayo en cubos de cemento

Se terminó de pasar toda la información de los ensayos en el cemento en los nuevos formatos.

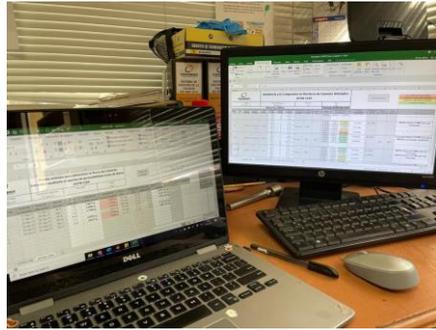


Ilustración 183. Finalización de traspaso de información de los ensayos en el cemento a nuevos formatos para el análisis del cemento

4.1.10.5 Viernes 26 de marzo del 2021

Por la mañana se realizaron cubos de cemento siguiendo la norma ASTM C109. En la ilustración 184 aparecen los materiales utilizados para la mezcla: cemento, arena Ottawa y agua.



Ilustración 184. Materiales para ensayo ASTM C109

ARGOS solicitó dos muestras de cemento para realizar ensayos al mismo tiempo que CONCREMIX, S. A. y comparar los resultados de resistencia a la compresión, por lo que se prepararon dos muestras de cemento (ilustración 185) y fueron enviados.

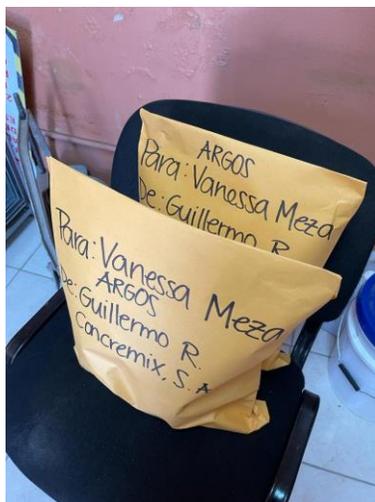


Ilustración 185. Muestras de cemento enviadas a ARGOS

Se recibió la visita de cierre por parte de la Ing. Karla Uclés en la que se discutieron las actividades realizadas y el desempeño de la practicante.



Ilustración 186. Visita de cierre de asesora metodológica en CONCREMIX, S. A.

Se decidió dejar en un solo documento de MS Excel las hojas creadas para los nuevos formatos de análisis de resultados de los ensayos ASTM C109, ASTM C188 y ASTM C204. Se agregó una hoja al final del documento en la que a medida se vayan llenando los formatos de los ensayos, automáticamente se genere para cada muestra un resumen que incluye los resultados de cada ensayo, como se muestra en la ilustración 187.

ANÁLISIS CEMENTO formato... BESSY MARIA RAMOS RIVERA BM

Archivo Inicio Insertar Dibujar Disposición Fórmulas Datos Revisar Vista Programar Complementos Ayuda

Portapapeles Fuente Alineación Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Celdas Edición Analizar datos Confidencial

G29 =SI(Y('ASTM C109!G34=28;'ASTM C109!G35=28);'ASTM C109!O34;SI(Y('ASTM C109!G36=28;'ASTM C109!G37=28);'ASTM C109!O36;SI(Y('ASTM C109!G38=28;'ASTM C109!G39=28);'ASTM C109!

Resistencia a la compresión								
Fecha de	Tipo de	1 día	3 días	7 días	28 días	Peso	Blaine	
04-ene-21	Tipo I	21.05 MPa	28.02 MPa	34.16 MPa		-	-	
08-ene-21	HE-R	19.20 MPa	27.78 MPa			-	-	
21-ene-21	HE-R	16.75 MPa	25.36 MPa			-	-	
21-ene-21	Tipo I	16.87 MPa	25.45 MPa	32.44 MPa		-	-	
27-ene-21	HE-R	11.94 MPa	24.57 MPa		25.42 MPa	-	-	
13-feb-21	HE-R	16.38 MPa	18.55 MPa		26.80 MPa	3.03	4,343 cm ² /g	
10-feb-21	Tipo I	21.93 MPa	26.83 MPa	33.23 MPa		-	-	
13-feb-21	HE-R	26.23 MPa	28.53 MPa		39.03 MPa	3.03	4,343 cm ² /g	
17-feb-21	Tipo I	23.24 MPa	22.11 MPa	26.54 MPa		3.10	4,531 cm ² /g	
17-feb-21	HE-R	15.61 MPa	23.99 MPa		28.15 MPa	-	-	
20-feb-21	HE-R	16.55 MPa	26.48 MPa		33.47 MPa	3.02	4,355 cm ² /g	
24-feb-21	HE-R	19.72 MPa				-	-	
24-feb-21	Tipo I	16.87 MPa		27.84 MPa		3.11	4,123 cm ² /g	
26-feb-21	HE-R	19.55 MPa	29.65 MPa			3.05	-	
26-feb-21	Tipo I	19.56 MPa		28.68 MPa		3.08	4,647 cm ² /g	

ASTM C188 ASTM C204 RESUMEN

Modo Filtrar 90 %

Ilustración 187. Hoja resumen de ensayos en el cemento en MS Excel

V. CONCLUSIONES

Se ha participado, como parte del equipo del Departamento de Calidad, en los diferentes procesos de control de calidad del concreto premezclado y los materiales que lo componen, cada uno siguiendo rigurosamente los estándares y requerimientos que demandan la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y el Instituto Americano del Concreto (ACI). De manera específica, se ha concluido al finalizar después de 10 semanas la Práctica Profesional lo siguiente:

1. Se ha participado en la documentación de procedimientos para el control de calidad de la materia prima del concreto premezclado de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015, consistentes en la aplicación de la norma ASTM C138 "Método de prueba estándar para densidad, rendimiento y contenido de aire del concreto" y la "Calibración y verificación del permeabilímetro de Blaine", mencionando, además de los recursos necesarios y normativas, la terminología, procedimientos, diagrama de flujo de funciones cruzadas, formato para toma de datos, así como un apartado con las fórmulas y cálculos necesarios para los resultados esperados, con las debidas referencias bibliográficas, producto para el que la alumna practicante tuvo la iniciativa.
2. Se ha participado activamente en ensayos de laboratorio aplicando la norma ASTM C109 "Resistencia a la compresión de cubos de cemento" para verificar el cumplimiento de las normativas ASTM C150 para cemento tipo I y ASTM C1157 para cemento HE-R, así como en los ensayos ASTM C204 "Prueba estándar para determinar la finura del cemento hidráulico mediante el aparato de permeabilidad al aire de Blaine", que establece un valor mínimo de $2,600 \text{ cm}^2/\text{g}$ para el cemento tipo I; ASTM C188 "Prueba estándar para la densidad del cemento hidráulico" y ASTM C230 "Flujo para pruebas de cemento", este último para verificar la relación a/c utilizada para construir los cubos de cemento, de manera que se genere un flujo de $110 \pm 5\%$. Lo anterior ha permitido a la alumna practicante poner en práctica lo aprendido en el laboratorio de concreto y adquirir nuevos conocimientos que pueden ser compartidos si lo autoriza CONCREMIX, S. A.
3. Se ha participado en la verificación del cumplimiento con la norma ACI E1-16 del peso específico y absorción de los agregados gruesos y finos a partir de los ensayos realizados

bajo la normativa ASTM C127 "Gravedad específica de los agregados gruesos" y ASTM C128 "Gravedad específica de los agregados finos". Asimismo se ha verificado que el resultado obtenido del ensayo ASTM C40 "Impurezas orgánicas en agregados finos" no esté por encima de No.3 como indica la misma normativa.

4. Se ha participado en el ensayo ASTM C39 "Resistencia a la compresión de cilindros de concreto" realizado en especímenes de concreto para determinar la resistencia a la compresión a distintas edades y posteriormente verificar su cumplimiento con la resistencia para la cual fue diseñado el concreto.
5. Se ha participado activamente en la verificación del cumplimiento de la temperatura, densidad, revenimiento y contenido de aire del concreto recién mezclado antes de ser enviado a los proyectos designados y en diseños de mezclas de concreto en laboratorio. Se ha tomado la temperatura del concreto como indica la norma ASTM C1064 "Método de prueba estándar para la temperatura del concreto recién mezclado" y verificado que esté por debajo de 35°C como demanda la normativa ACI 301. La densidad del concreto se ha determinado según la norma ASTM C138 "Método de prueba estándar para densidad, rendimiento y contenido de aire del concreto", para lo que se ha verificado que el resultado de densidad esté siempre dentro del rango permitido por la ACI 318-14 para un concreto de peso normal. Asimismo, se ha verificado que el revenimiento del concreto, determinado según la norma ASTM C143 "Método de prueba estándar para el asentamiento del concreto" sea el revenimiento de diseño.
6. Se han elaborado informes comparativos entre los resultados de ensayos en el cemento realizados en CONCREMIX, S. A. con los de ARGOS. Se ha comparado la resistencia a la compresión de los cubos de cemento en las diferentes edades en las que son ensayados, relación a/c utilizada y el flujo obtenido previo a elaborar los cubos. Asimismo se ha comparado el peso específico y finura del cemento. Dentro de los informes se han incluido tablas comparativas, gráficas de dispersión por las cuales se visualiza el comportamiento de cada parámetro evaluado a lo largo de un mes y gráficas que permiten visualizar qué tan cercanos o alejados están los resultados de los ensayos obtenidos en CONCREMIX, S.

A. y ARGOS, y se han encontrado diferencias significativas, ya que se ha demostrado que no se cumplen las especificaciones del cemento tipo I y HE-R.

7. Se ha participado en la elaboración de informes que evidencian el desempeño del concreto y sus componentes a partir de los ensayos realizados. Para cada ensayo de densidad, temperatura y revenimiento realizado en el concreto recién mezclado se han elaborado informes que incluyen los datos recolectados, fotografías como respaldo de los datos y los resultados indicando si cumplen o no con la normativa correspondiente a cada ensayo. También, se han elaborado informes que permiten observar el comportamiento y desempeño del cemento con relación a diferentes parámetros que CONCREMIX, S. A. incluye dentro de su control de calidad.
8. Se ha participado como iniciativa de la alumna practicante en la estandarización de formatos actuales de MS Excel que son utilizados en pruebas de laboratorio para el control de calidad del cemento. Para poder llevar un control de la resistencia a la compresión tanto del cemento tipo I como cemento HE-R se ha elaborado un nuevo formato en MS Excel que facilita el ingreso de los datos del ensayo, indica automáticamente según el tipo de cemento si el resultado obtenido de resistencia a la compresión cumple con la normativa correspondiente y si cumple con los límites de advertencia que CONCREMIX, S. A. ha propuesto. Asimismo, realiza automáticamente una comparación de los resultados obtenidos en CONCREMIX, S. A. con los de ARGOS. Se han elaborado también nuevos formatos para llevar un control del peso específico y finura del cemento, comparando de igual forma los resultados con ARGOS.
9. Se ha participado en conjunto con especialistas de Lazarus&Lazarus en pruebas de laboratorio para evaluar el desempeño de aditivos en una pasta de cemento. Se ha verificado la extensibilidad de la pasta preparada con aditivos nuevos y aditivos que han superado la fecha de vencimiento, así como con cemento con diferentes fechas de producción. Se ha podido observar que la extensibilidad de algunas pastas de cemento resultaron ser menores que otras y fue comprobado por medio del ensayo de Blaine que este cemento era más fino que el otro, por lo tanto requiere de ya sea más agua o más aditivo para poder alcanzar la extensibilidad deseada.

VI. RECOMENDACIONES

A través de la experiencia y aprendizaje adquirido durante la Práctica Profesional en la empresa CONCREMIX, S. A., se disponen las siguientes recomendaciones.

A los Ingenieros Civiles de Honduras:

1. Estudiar normativas técnicas y documentos aprobados por organismos de normalización reconocidos nacional e internacionalmente, esto por la importancia que tiene el establecer criterios técnicos y de calidad de un producto, servicio o proceso en toda área de Ingeniería Civil.
2. Unirse para formar un Consejo, Instituto o Asociación dedicada a la investigación, enseñanza y difusión de las técnicas relacionadas en la aplicación del concreto, así como promover una cultura que busque la conservación del medio ambiente y un futuro sostenible en obras de construcción.

A las empresas concreteras de Honduras:

1. Llevar un control de calidad en todo el proceso de producción de concreto premezclado y de la materia prima con personal capacitado, garantizando que no sólo el producto final cumpla con los requerimientos técnicos, sino también cada uno de los materiales que lo componen.

A la Facultad de Ingeniería Civil de UNITEC:

1. Realizar mayor énfasis sobre la importancia de conocer y aplicar las normativas técnicas en las diferentes áreas de Ingeniería Civil. Una manera recomendada para alcanzar el objetivo es incluir dentro de las asignaturas una sección específicamente para el estudio de normativas técnicas con posible aplicación en los temas vistos.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón*. Farmington Hills: Comité ACI 224.
2. American Concrete Institute. (2007). *Specification for Hot Weather Concreting*. Farmington Hills: ACI Committee 305.
3. American Concrete Institute. (2008). *Guide to Curing Concrete*. Farmington Hills: ACI Committee 308.
4. American Concrete Institute. (2017). *Concrete Field Testing Technician - Grade I* (36 ed.). (C. A. Banner, Ed.) Farmington Hills, Michigan, USA.
5. American Concrete Institute. (2017). *Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto*. Farmington Hills: Comité ACI 214.
6. American Concrete Institute. (2021). *ACI*. Obtenido de [https://www.concrete.org/store/storerresults.aspx?DocumentType=Standards+\(codes+%26+specs\)&Keyword=305](https://www.concrete.org/store/storerresults.aspx?DocumentType=Standards+(codes+%26+specs)&Keyword=305)
7. American Concrete Institute. (2021). *American Concrete Institute*. Obtenido de <https://www.concrete.org/certification.aspx>
8. ASTM. (2015). *ASTM International*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C127>
9. ASTM. (08 de Agosto de 2003). *ASTM International*. Obtenido de https://www.astm.org/IMAGES03/whatisastm_spanishpdf.pdf
10. ASTM. (2017). *ASTM International*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C188>
11. ASTM. (2017). *ASTM International*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C172C172M-SP.htm>
12. ASTM. (2018). *ASTM International*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C204>
13. ASTM. (2021). *ASTM International*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/cement-and-concrete-standards.html>
14. Chacón Chaquea, M. Y. (2016). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Bogotá: Ediciones USTA.
15. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (24 de Noviembre de 2010). *Dirección de Comunicación Social CONRED*. Obtenido de

- https://conred.gob.gt/normas/NRD3/2_concreto/norma_coguanor_ntg_41057_astm_c_172.pdf
16. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (05 de Diciembre de 2012). *Dirección de Comunicación Social CONRED*. Obtenido de https://conred.gob.gt/normas/NRD3/1_cemento/norma_ntg_41003_h4_astm_c109-c109m_-11_b.pdf
 17. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (09 de Agosto de 2013). *Dirección de Comunicación Social CONRED*. Obtenido de https://conred.gob.gt/normas/NRD3/1_cemento/norma_ntg_41011astm_c230-230m.pdf
 18. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. (01 de Diciembre de 2017). *Dirección de Comunicación Social CONRED*. Obtenido de https://conred.gob.gt/normas/NRD3/2_concreto/NTG_41017_h1_ASTM_C39.pdf
 19. CONCREMIX, S. A.. (2021). *Acerca de nosotros: Concremix*. Obtenido de <http://concremix.hn/quienes-somos/>
 20. Euclid Chemical. (Mayo de 2016). *The Euclid Chemical Company*. Obtenido de https://www.euclidchemical.com/fileshare/Literature/Bulletins/The_Cube_Confusion.pdf
 21. GIATEC. (2021). *Giatec Scientific Inc*. Obtenido de <https://www.giatecscientific.com/low-breaks/>
 22. Howayek, A. E., Bobet, A., Dawood, S., Ferdon, A., Santagata, M., & Siddiki, N. Z. (Septiembre de 2012). *Purdue University Library*. Obtenido de <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3013&context=jtrp>
 23. IMCYC. (08 de octubre de 2008). *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2008/oct08/tecnologia.htm>
 24. Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie: Portland Cement Association.
 25. Minitab. (2019). *Soporte de Minitab 18*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/what-is-the-variance/>

26. Navidi, W. (2004). *Estadística para Ingenieros y Científicos* (Primera ed.). Estados Unidos de América: McGraw-Hill Companies, Inc.
27. Navidi, W. (2004). *Estadística para Ingenieros y Científicos* (Primera ed.). Estados Unidos de América: McGraw-Hill Companies, Inc. Recuperado el 10 de Marzo de 2020
28. Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá: Bhandar Editores Ltda.
29. SP Industries. (2013). *Wilmad-LabGlass*. Obtenido de <https://www.wilmad-labglass.com/ProductList.aspx?t=32257>
30. Universidad Centroamericana José Siméon Cañas. (2012). *UCA*. Obtenido de <https://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoCemento/DETERMINACION%20DE%20LA%20FINURA%20DEL%20CEMENTO%20PORTLAND.pdf>
31. Universidad Mayor de San Simón. (2009). *Centro de Geotecnia*. Obtenido de <http://www.fcyt.umss.edu.bo/investigacion/geotecnia/ensayos/granulometria.php>
32. UTEST . (2015). *Material Testing Equipment*. Obtenido de <https://www.utest.com.tr/es/25868/Aparato-de-Blaine-para-Permeabilidad-tipo-con-Aire>
33. UTEST. (2016). *Material Testing Equipment*. Obtenido de <https://www.utest.com.tr/en/23367/Flow-Table>
34. Walpole, R. D., Myers, R. H., Myers, S. M., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias* (Novena ed.). Boston, Massachusetts, Estados Unidos de América: Pearson Education Inc.

ANEXOS

Anexo 1. Bitácora semana 1: 18/01/21 – 22/01/21

BITÁCORA SEMANAL

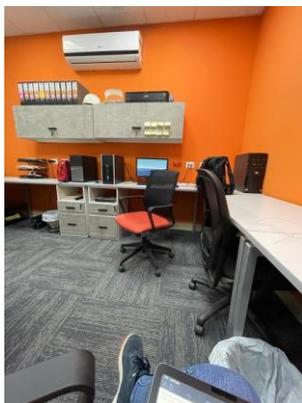
Semana 1: 18/01/21 — 22/01/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 18. Bitácora lunes de semana 1

Lunes 18 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Presentación con los demás colaboradores de la empresa y puesto de trabajo.



2. Introducción a asignaciones por parte de Gerente de Calidad.

3. Lectura de normas ASTM y ACI seguidas por la empresa.



Tabla 19. Bitácora martes de semana 1

Martes 19 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Reunión con Gerente de Calidad para ver informe de Sistema de Gestión de Calidad (SGC) 2020.
2. Verificación de especificaciones de aditivos Admix DX2 y F5 con normativa ASTM.

PROPIEDADES	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION
APARTEADO	UNIDAD	100%	100%
CONTENIDO DE SÓLIDOS (de la muestra)	%	43,40%	43,00% - 44,00%
ESPECIFICACION (de la muestra)	UNIDAD	1,231	1,210 - 1,240
PH	UNIDAD	5,18	5,00 - 5,30

Tabla 20. Bitácora miércoles de semana 1

Miércoles 20 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Revisión de literatura para implementación del ensayo de densidad del concreto.
2. Creación de documento "Procedimiento para aplicación de ASTM C138/138M-17a: método de prueba estándar para densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto"

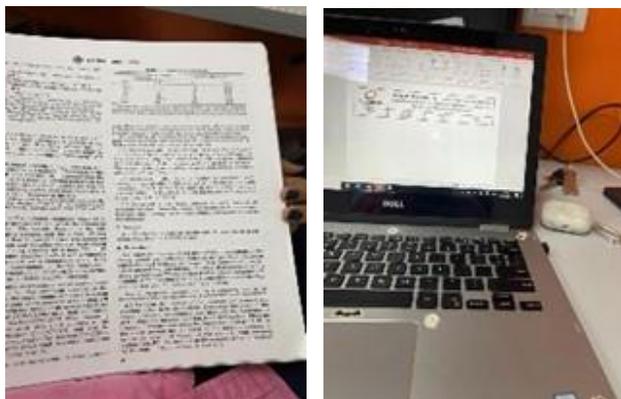


Tabla 21. Bitácora jueves de semana 1

Jueves 21 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Reunión con Gerente de Calidad y Gerente de RR.HH. para actualizar el informe de Objetivos de Calidad para el 2021.
2. Presentación del documento de prueba de densidad del concreto a gerente de calidad.

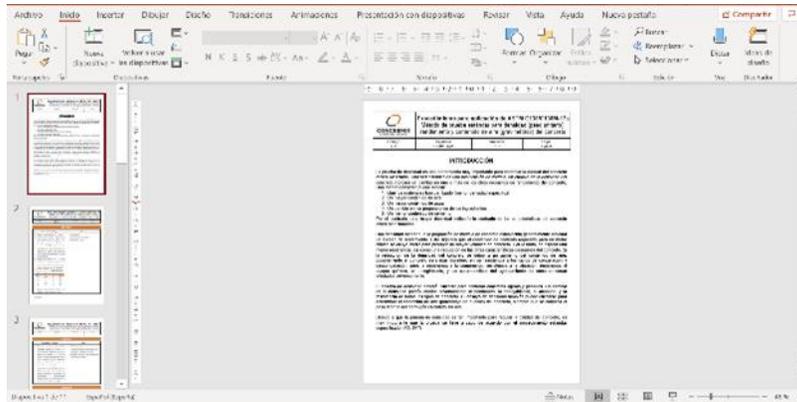


Tabla 22. Bitácora viernes de semana 1

Viernes 22 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Determinación del revenimiento del concreto.



2. Aplicación de ASTM C138/138M-17a para determinar la densidad del concreto.



3. Ensayos en el cemento tipo I y HE-R.



Anexo 2. Bitácora semana 2: 25/01/21 – 29/01/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 2: 25/01/21 — 29/01/21

Nombre de la empresa Concremix S.A.
Ubicación Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo
Nombre del alumno Bessy María Ramos No. cuenta 11511293

Tabla 23. Bitácora lunes de semana 2

Lunes 25 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se comenzó con los cálculos de densidad, rendimiento y contenido de aire en el concreto.

		Cálculos	
Densidad (D)	#,DIV/01		
	2335		
Densidad teórica (T)	#,DIV/01	#,DIV/01	m3
		#,DIV/01	m3
		#,DIV/01	m3
		#,DIV/01	m3
Rendimiento (Y)	0.00 m ³		
Densidad relat. (VR)	-	*Un valor de densidad relativa mayor que 1.00 indica un exceso de concreto producido, mientras que un valor menor que 1.00 indica que el volumen es menor que para el cual se diseñó.	
Agua presente en la mezcla:			
Masa del Agr. grueso seco:	0.000.00 kg		
Masa del Agr. Grueso (SSD):	0.000.00 kg		
Agua aportada por Agr. grueso:	0.00 kg		

2. Se probaron a compresión los cubos de cemento.



Tabla 24. Bitácora martes de semana 2

Martes 26 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se culminó con los resultados de densidad, rendimiento y contenido de aire en el concreto.
2. Se comenzó a traducir el informe "Post-Tensioning Workbook".

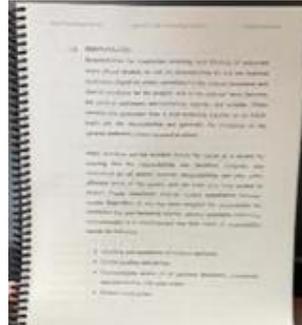


Tabla 25. Bitácora miércoles de semana 2

Miércoles 27 de enero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se continuó con la traducción del informe "Post-Tensioning Workbook".
2. Se visitó el proyecto "Acacias" en San Ignacio.



Tabla 26. Bitácora jueves de semana 2

Jueves 28 de enero, 6:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron los ensayos de densidad, revenimiento y temperatura en el concreto recién mezclado previo a envío hacia la Embajada Americana.



Tabla 27. Bitácora viernes de semana 2

Viernes 29 de enero, 6:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron los ensayos de densidad, revenimiento y temperatura en el concreto recién mezclado previo a envío hacia proyecto "Acacias".



2. Se presentó informe con resultados de ensayos realizados el día anterior.



Anexo 3. Bitácora semana 3: 01/02/21 – 05/02/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 3: 01/02/21 — 05/02/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 28. Bitácora lunes de semana 3

Lunes 01 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron los ensayos de densidad, revenimiento y temperatura para un concreto TREMIE de 42 MPa.



Tabla 29. Bitácora martes de semana 3

Martes 02 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se recibió una capacitación por parte del personal de ARGOS para calibrar el permeabilímetro utilizado en el ensayo de Blaine.



2. Se realizaron los ensayos de densidad, temperatura y revenimiento para concreto TREMIE de 42 MPa.



Tabla 30. Bitácora miércoles de semana 3

Miércoles 03 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó un informe de comparación de resultados en ensayos de laboratorio en el cemento entre CONCREMIX, S. A. y ARGOS.



Tabla 4. Comparación Concremix- ARGOS cemento HE-R

Lote		16012021		
CEMENTO HE-R				
Parámetro	CONCREMIX	ARGOS (a/c 0.52)	Rango	
	25-ene	21-ene		
Peso específico	3.03	3.04	0.01	
Flujo	106 %	110 %	4 %	
Fc 1 día	18.75 MPa	19.90 MPa	3.15 MPa	
Fc 3 días	28.68 MPa	-	-	

Tabla 31. Bitácora jueves de semana 3

Jueves 04 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron ensayos en el concreto TREMIE 42 MPa: densidad, temperatura, revenimiento y contenido de aire.



Tabla 32. Bitácora viernes de semana 3

Viernes 05 de febrero, 6:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron ensayos en el concreto premezclado antes de ser enviado a la Embajada Americana, un concreto de 42 MPa y para el proyecto de Acacias en San Ignacio. Se tomó una muestra de 5 mixers por proyecto.



2. Se realizó el informe con los resultados obtenidos de los ensayos.

HOJA DE DATOS			
Prueba estándar para densidad (paso unitario) ASTM C138 / Temperature ASTM C1364 / Pavimento ASTM C143			
Código	Fecha de ejecución	Operario	Hoja
			114
Fecha ejecución de ensayo:	05 Feb 2017	Intensidad controlada (%)	
Resumen que brinda datos:	Henry N. Ferrero	Presencia de (0) días	00 Min.
Código:	01 - Unidad de construcción: 017	Elemento ubicado:	Tipo 3
Proyecto:	Embalsada - Invernadero		
Datos de ensayo			
Forma:	0171 A06	Brillo No.:	P-1
		Lamin. No.:	N-1
Superficie:	50 pulg.	Volumen molde:	0.0705 m ³
Temperatura:	15.7 °C	Peso molde vacío:	1.82 kg
		Peso molde + concreto:	13.77 kg
Residual		Superficie	

Anexo 4. Bitácora semana 4: 08/02/21 – 12/02/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 4: 08/02/21 — 12/02/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 33. Bitácora lunes de semana 4

Lunes 08 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se determinó la densidad de dos aditivos Admix utilizados en las mezclas de concreto.



2. Se realizó el ensayo de flujo del cemento (ASTM C230) y ensayo de cubos de cemento para determinar su resistencia a la compresión (ASTM C109).



Tabla 34. Bitácora martes de semana 4

Martes 09 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Por la mañana se realizaron ensayos en un concreto enviado a la Embajada Americana, 42 MPa TREMIE.



2. Se ensayaron dos cubos de cemento para conocer su resistencia a la compresión a 1 día.



Tabla 35. Bitácora miércoles de semana 4

Miércoles 10 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se elaboró en MS PowerPoint el procedimiento para calibrar el permeabilímetro utilizado en el ensayo de Blaine.

CONCREMEX			
PROCEDIMIENTO PARA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL PERMEABILÍMETRO			
Código	Revisión	Fecha de Emisión	Tipología
001	01	10/02/2021	Manual

INTRODUCCIÓN

Las partículas de cemento, con sus superficies, son capaces de separarse por acción. En este punto, el grado de fuerza del momento de acción por acción de las partículas y separación. El momento de acción de la fuerza del cemento es el que se separa, expresado como el área de la superficie total en cm² por gramo de cemento (cm²/gr) de cemento. El área expresada en cm²/gr significa la cantidad de superficie que un gramo de partículas de cemento puede cubrir. Así, un cemento con una superficie mayor que otro tiene que otro con una superficie menor.

Para medir la fuerza del cemento se puede utilizar el aparato de Blaine, el cual mide un volumen de permeabilidad al aire de superficie específica al determinar haciendo pasar una cantidad de fluido de agua por una muestra impregnada en una determinada forma la cantidad de área que pasa en un tiempo del tiempo, y en la determinación de muestra de las partículas.

La calibración del aparato de permeabilidad de Blaine depende de la determinación del punto crítico de cemento y el área específica en el punto de permeabilidad con el fin de obtener el factor del aparato. Este factor se usa para determinar que área para calibrar la fuerza del cemento. Posteriormente se usa para el punto de cemento, en el punto de permeabilidad.

Objetivo:
 Desarrollar una metodología para la calibración del permeabilímetro utilizado en la determinación de la superficie específica (Blaine) de cemento.

CONCREMEX			
PROCEDIMIENTO PARA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL PERMEABILÍMETRO			
Código	Revisión	Fecha de Emisión	Tipología
001	01	10/02/2021	Manual

NOTAS:

- ASTM C204 - 07. Método de prueba estándar para determinar la fuerza del cemento hidratado mediante un aparato de permeabilidad al aire.

PROCEDIMIENTO

Calibración de la cámara

1. Antes de hacer de la temperatura del ambiente donde se está realizando la calibración del permeabilímetro, la cual no debe ser mayor a 27 °C.
2. Colocar en la cámara el vaso medidor profundo y 2 papeles Whatman de 11,75 cm x 11,75 cm.
3. Colocar la cámara con un extremo limpio sobre un soporte para evitar el contacto directo con el material y en contacto con una placa plana de vidrio.
4. Colocar un volumen de 100 ml en la cámara y lavar.
5. Antes de comenzar la medición de la muestra y después en el tiempo de paso de la muestra con el material de un extremo hacia el otro.
6. Repetir el proceso 3 - 5 tres veces.
7. Calcular un promedio de tres veces y anotar en el Hoja.
8. Colocar el material de una muestra del punto de cemento estándar (Blaine) que está impregnado en un tarro plástico nuevo y estándar de 100 ml, luego y lavar la cámara 3 veces para limpiar el cemento y limpiar la cámara.

2. Por la tarde se realizó una mezcla de concreto para poder monitorear la densidad a medida que transcurre el tiempo.



Tabla 36. Bitácora jueves de semana 4

Jueves 11 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se tomó una muestra de dos tipos de concreto para monitorear su densidad a medida que transcurre el tiempo.



Tabla 37. Bitácora viernes de semana 4

Viernes 12 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron cubos de cemento para conocer su resistencia.



Anexo 5. Bitácora semana 5: 15/02/21 – 19/02/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 5: 15/02/21 — 19/02/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 38. Bitácora lunes de semana 5

Lunes 15 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron cubos de cemento.



2. Se realizó el ensayo de peso específico al cemento.



Tabla 39. Bitácora martes de semana 5

Martes 16 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron los cubos de cemento a compresión.



2. Se cargó con concreto un mixer.



3. Se determinó el peso específico del cemento.



Tabla 40. Bitácora miércoles de semana 5

Miércoles 17 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó una mezcla de concreto en laboratorio para monitorear la densidad.



2. Se realizó el ensayo de contenido de aire en el concreto.



3. Se calculó contenido de humedad de agregado fino y grueso.



Tabla 41. Bitácora jueves de semana 5

Jueves 18 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron ensayos en el concreto recién mezclado.



2. Se ensayaron a compresión cilindros de concreto a 7 días.



3. Se ensayaron cubos de cemento.



Tabla 42. Bitácora viernes de semana 5

Viernes 19 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron ensayos en el concreto recién mezclado.



2. Se realizaron los informes de los ensayos en el concreto.

1.2 DATOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES
 A continuación se presenta la información recopilada de los ensayos.

HOJA DE DATOS			
Prueba estándar para densidad (peso unitario) ASTM C138 / Temperatura ASTM C1064 / asentamiento ASTM C143			
Código	Fecha de ejecución	Revisión	Hoja
09-011-P1-01	19-mar-21	1.0	1.0
Fecha ejecución de ensayo	19-Mar-21	Tamaño canchales (mm)	7
Persona que tomó datos	Diego M. Martínez	Resistencia 28 días	6,000 psi
Cliente	Ingeniería T. Sandoval	Comercio utilizado	15.5
Proyecto	Autódromo 3.0m. 3º grado		

Datos de ensayo:

#1		Plata No.	
Hora		Cantón No.	
02:20 AM		M-5	
Asentamiento	3.14 cm	Volumen molde	0.037036 m ³
Temperatura	24.0 °C	Peso molde vacío	2.46 kg
		Peso molde + concreto	10.01 kg






Resultados		Especificación		Norma	
Concreto	mm	mm	mm	ACI 318S-14	
3,200 kg/m ³	2,155 kg/m ³	2,560 kg/m ³			
26.6 %		25.0 %		ACI 301 / 305.1	

Anexo 6. Bitácora semana 6: 22/02/21 – 26/02/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 6: 22/02/21 — 26/02/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 43. Bitácora lunes de semana 6

Lunes 22 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó en ensayo de flujo en el cemento HE-R.



2. Se elaboraron cubos de cemento.



3. Se ensayaron a compresión cubos de cemento.



Tabla 44. Bitácora martes de semana 6

Martes 23 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se inspeccionaron los tótems de aditivos en planta.



2. Se revisaron los certificados de calidad que envía Lazarus.

FORMA DE ELABORACION:	0662020	PRODUCTO:	1008
NUMERO DE FACTURA:	NTI	ESTADO:	6021
NUMERO DE MEDIDA:	NTI		
NOMBRE/GENERO DE CLIENTE:	CONCRETA S.A. DE		
CUSTOMER NAME/CODE:	C.V.		

POR ESTE MEDIO LAZARUS & LAZARUS CERTIFICA QUE ESTE PRODUCTO CUMPLE LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:

PROPIEDADES	UNIDAD	REALIZADO	ESPECIFICACION
Acidez	mmol/L	NA	NA
Alcalinidad	NA	NA	NA
Control de Materia	%	43.15%	40.0% - 44.0%
Cloruro de Sodio	mg/kg		
Control Especifica	Unidad	1.28	1.24 - 1.34
Control de Sulfato	mg/kg		
Control de Sulfato	Unidad	5.75	5.00 - 6.50

FIRMADO

3. Se elaboraron cubos de cemento.



4. Se ensayaron a 7 días cubos de cemento.



Tabla 45. Bitácora miércoles de semana 6

Miércoles 24 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó el ensayo de finura del cemento con el permeabilímetro de Blaine.



2. Se ensayaron a compresión cubos de cemento a 1 día.



Tabla 46. Bitácora jueves de semana 6

Jueves 25 de febrero, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó el ensayo de densidad del cemento para tipo I y HE-R.



2. Se ensayaron cubos de cemento a 3 días.



3. Se comenzó a elaborar un formato para ingresar los resultados de resistencia a la compresión de los cubos de cemento.

		Resistencia a la Compresión en Morteros de Cemento Hidráulico ASTM C109									
Código CX-CCL-FT-13		Fecha de vigencia 21-mar-18		Revisión 3.0		Hoja 1 de 1				Resultados ASTM C109 / C1157	
Cisterna	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Código del cubo	Edad de ensayo	Fecha de ruptura	Hora de la prueba	a/c del mortero	Flujo	Carga	Resistencia a la compresión

Tabla 47. Bitácora viernes de semana 6

Viernes 26 de febrero, 7:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Primero se realizaron ensayos en el concreto recién mezclado.



2. Se sacaron muestras de aditivos de Lazarus para ser revisados.



3. Se ensayaron cubos de cemento a 3 días.



Anexo 7. Bitácora semana 7: 01/03/21 – 05/03/21

BITÁCORA SEMANAL

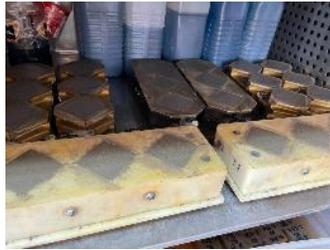
Semana 7: 01/03/21 — 05/03/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 48. Bitácora lunes de semana 7

Lunes 01 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se dedicó el lunes para hacer cubos de cemento según la normativa ASTM C109.



2. Se verificó que el flujo del cemento HE-R estuviera dentro de $110 \pm 5\%$.



Tabla 49. Bitácora martes de semana 7

Martes 02 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron cubos de cemento según la normativa ASTM C109.



2. Se limpiaron los moldes para cubos.



3. Se ensayaron a 1 día los cubos elaborados el día anterior.



Tabla 50. Bitácora miércoles de semana 7

Miércoles 03 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se continuó trabajando en la hoja de MS Excel para cálculo de resistencia a la compresión de los cubos de cemento.

No. de Cubos	Tipo de Mortero	Volumen (cm³)	Superficie (cm²)	Peso (g)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (MPa)
794-1	tipo 1	1000	300	1000	1000	1000
794-2	tipo 1	1000	300	1000	1000	1000
795-1	tipo 3	1000	300	1000	1000	1000
795-2	tipo 3	1000	300	1000	1000	1000
796-1	tipo 7	1000	300	1000	1000	1000
796-2	tipo 7	1000	300	1000	1000	1000

2. Se desencofraron los cubos de cemento elaborados el día anterior.



3. Se rotularon los cubos según su número correlativo.



Tabla 51. Bitácora jueves de semana 7

Jueves 04 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó el ensayo de peso específico del cemento.



2. Se realizó el ensayo de Blaine para conocer la finura del cemento.



3. Se dejaron preparados los matraces para realizar peso específico el día siguiente.



Tabla 52. Bitácora viernes de semana 7

Viernes 05, 7:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron los ensayos de revenimiento, densidad y temperatura en el concreto fresco.



2. Se realizó un ensayo para ver la extensibilidad de una pasta de cemento con y sin aditivo de Lazarus, con personal de Lazarus.



3. Se ensayaron cubos de cemento a 3 días.



Anexo 8. Bitácora semana 8: 08/03/21 – 12/03/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 8: 08/03/21 — 12/03/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 53. Bitácora lunes de semana 8

Lunes 08, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron cubos de cemento según ASTM C109.



2. Se limpiaron los moldes para cubos de cemento.



3. Se realizaron cubos de cemento con supervisión.



Tabla 54. Bitácora martes de semana 8

Martes 09, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron cubos de cemento según ASTM C109.



2. Se dosificó y cargó dos mixers.



3. Se realizaron cubos de cemento.



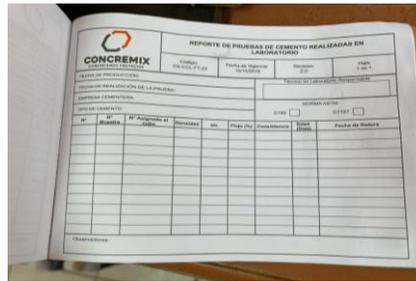
Tabla 56. Bitácora jueves de semana 8

Jueves 11 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron cubos de cemento según ASTM C109.



2. Se llenó el formato de reporte de pruebas de cemento realizadas en laboratorio.



3. Se comenzó a elaborar un resumen de los resultados de pruebas en cemento durante febrero.

Cemento HE-R						
Fecha	1 día CONCREMIX	1 día ARGOS	3 días CONCREMIX	3 días ARGOS	28 días CONCREMIX	28 días ARGOS
13-feb-21	26.23 MPa	16.93 MPa	26.53 MPa	26.87 MPa	-	-
17-feb-21	15.61 MPa	16.93 MPa	23.99 MPa	26.87 MPa	-	-
20-feb-21	16.55 MPa	20.70 MPa	26.48 MPa	-	-	-
24-feb-21	19.72 MPa	18.37 MPa	30.16 MPa	-	-	-
26-feb-21	19.55 MPa	18.10 MPa	29.65 MPa	-	-	-
27-feb-21	14.90 MPa	17.03 MPa	-	-	-	-



Tabla 57. Bitácora viernes de semana 8

Viernes 12 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se elaboraron cubos de cemento Tipo I y HE-R.



2. Se ensayaron cubos de cemento según ASTM C109.



3. Se entregó un informe con los resultados de pruebas realizadas en febrero con relación al cemento.



4. Se entregó un informe de pruebas realizadas en el concreto recién mezclado previo a ser enviado al proyecto Acacias, San Ignacio.



RESULTADOS PRUEBA ESTÁNDAR DE:

- ✓ DENSIDAD (PESO UNITARIO) DEL CONCRETO **ASTM C138**
 - ✓ TEMPERATURA DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO RECÉN MEZCLADO **ASTM C1064**
 - ✓ ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO **ASTM C143**
- APLICADAS EN EL CONCRETO PREMEZCLADO PARA EL PROYECTO
"ACACIAS, SAN IGNACIO"

HOJA DE DATOS			
Prueba estándar para densidad (peso unitario) ASTM C138 / Temperatura ASTM C1064 / Asestamiento ASTM C143			
Código: CK-CCL-PT-70	Fecha de vigencia: 20-ene-21	Revisión: 1.0	Hoja: 1 de 1
Fecha ejecución de ensayo: 05-mar-21	Tamaño camión (m ³): 7		
Persona que tomó datos: Benji M. Ramos	Resistencia 28 días: 4,000 psi		
Cliente: Inversiones Triunfo	Cemento utilizado: 88.8		
Proyecto: Acacias, San Ignacio			
Datos de ensayo:			
#1	Hora No.:	P-1	
Hora: 7:20 AM	Camión No.:	M-16	
Revestimiento: 8 1/2 pulg	Volumen molde:	0.007041 m ³	
Temperatura: 27.0 °C	Peso molde vacío:	3.51 kg	
	Peso molde + concreto:	19.32 kg	
Resultado	Especificación	Norma	
Densidad	min. máx.	ACI 318S-14	
2.217 kg/m ³	2.155 kg/m ³ 2.560 kg/m ³		
Temperatura	min. máx.	ACI 301 / 305.1	
27.0 °C	35.0 °C		

Anexo 9. Bitácora semana 9: 15/03/21 – 19/03/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 9: 15/03/21 — 19/03/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 58. Bitácora lunes de semana 9

Lunes 15 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron cubos de cemento a 3 días.



2. Se limpiaron los moldes en los que se elaboran los cubos de cemento.



3. Se comenzó a elaborar una hoja en MS Excel que calcule el Blaine del cemento.



Tabla 60. Bitácora miércoles de semana 9

Miércoles 17 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se rotularon los cubos de cemento elaborados el día anterior previo a ser ensayados.



2. Se ensayaron cubos de cemento a 1 día.



3. Se dejó preparado dos matraces con queroseno para que reposen por 24 horas, previo a realizar ensayo de peso específico del cemento.



4. Se elaboraron cubos de cemento según norma ASTM C109.



Tabla 61. Bitácora jueves de semana 9

Jueves 18 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron a 1 día los cubos de cemento elaborados el día anterior.



2. Se recibió al personal de ARGOS para que realizaran el ensayo ASTM C109 de cubos de cemento con muestras de 4 fechas diferentes.



3. Se realizó el ensayo ASTM C188 para el peso específico del cemento.



4. Se lavaron y dejaron secando dos matraces para poder realizar después el ensayo de peso específico del cemento.



Tabla 62. Bitácora viernes de semana 9

Viernes 19 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron a 1 día los cubos de cemento elaborados el día anterior por el personal de ARGOS.



2. Se limpiaron los moldes en los que se elaboraron los cubos de cemento.



3. Se elaboró en MS Excel un formato para poder llevar un control del peso específico del cemento y poder compararlo con los resultados de ARGOS.

Prueba estándar para la densidad del cemento hidráulico ASTM C188									
Código	Fecha de vigencia	Revisión	Hoja						
CX-CCL	18-mar-21	1.0	1 de 1						
Cisterna	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Cemento pesado (g)	Lectura inicial	Lectura final	Peso específico CONCREMIX	Peso específico ARGOS	Diferencia
	13-feb-21	15-feb-21	HE-R	64.0 g	0.6	21.7	3.03	3.00	0.03
	17-feb-21	25-feb-21	Tipo I	64.0 g	0.4	21.0	3.10	3.10	0.00
	20-feb-21	23-feb-21	HE-R	64.0 g	0.9	22.1	3.02	3.00	0.02
	24-feb-21	05-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.8	21.4	3.11	3.10	0.01
	26-feb-21	05-mar-21	HE-R	64.0 g	0.7	21.7	3.05	3.00	0.05
	26-feb-21	04-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.9	21.7	3.08	3.10	0.02
	02-mar-21	18-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.5			3.10	
	03-mar-21	18-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.2			3.10	

Anexo 10. Bitácora semana 10: 22/03/21 – 26/03/21

BITÁCORA SEMANAL

Semana 10: 22/03/21 — 26/03/21

Nombre de la empresa	Concremix S.A.		
Ubicación	Colonia La Era, calle principal frente a la iglesia Cántico Nuevo		
Nombre del alumno	Bessy María Ramos	No. cuenta	11511293

Tabla 63. Bitácora lunes de semana 10

Lunes 22 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se limpiaron y engrasaron los moldes previo a realizar el ensayo ASTM C109 de cubos de cemento.



2. Se realizó el ensayo ASTM C109 con tres muestras de cemento distintas.



3. Se ensayaron cubos de cemento en la máquina de compresión.

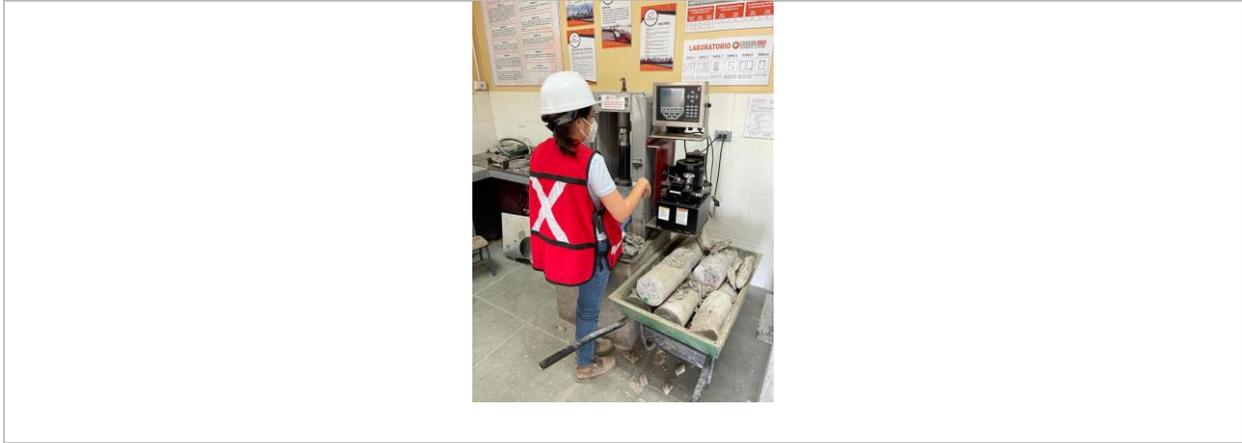


Tabla 64. Bitácora martes de semana 10

Martes 23 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se ensayaron a compresión cubos de cemento de diferentes edades.



2. Se limpió y removió los restos de mortero de los moldes para cubos.



3. Por solicitud del Gerente de Calidad y Producción se agregaron más funciones al nuevo formato de análisis de resistencia a la compresión del cemento.

Autoguardado ANÁLISIS CEMENTO formatos nuevos BESSY MARIA RAMOS RIVERA

Archivo Inicio Insertar Dibujar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Complementos Ayuda

Segoe UI Fuente Alineación Número Estilos

U4 = (U3)&" - "&(REDONDEAR(AF4,2))

Resistencia a la Compresión en Morteros de Cemento Hidráulico ASTM C109										Tipo I - ASTM C150 (MPa)		HE-R - ASTM C150 (MPa)	
Fecha de vigencia: 06/ene/21										1 día		7 días	
Revisión: 3.0										1 día		28 días	
Código: COCC01PT11										NO CUMPLE DE BLOQUEO		NO CUMPLE DE BLOQUEO	
Código: COCC01PT11										LÍMITE INFERIOR		LÍMITE INFERIOR	
Código: COCC01PT11										LÍMITE SUPERIOR		LÍMITE SUPERIOR	
Código: COCC01PT11										LÍMITE INFERIOR		LÍMITE SUPERIOR	
Código: COCC01PT11										LÍMITE SUPERIOR		LÍMITE SUPERIOR	

Ord	S	Fecha prueba	Fecha labor	Tipo cemento	ANÁLISIS DE CEMENTO		Humedad prueba	Humedad mortero	Flujo	Resultados ASTM C109 (MPa)		Promedio	Relación APESOS (A) APESOS (B)	Flujo APESOS	Flujo APESOS	ADVERTENCIAS	OBSERVACIONES	
					Código	Etiqueta				Carga	Resistencia a la							
81		04/ene/21	11/ene/21	Topol	749-2	1	11/ene/21	matras	2.43 Pk	0.65	100%							
82		08/ene/21	12/ene/21	HE-R	750-2	1	12/ene/21	matras	2.25 Pk	0.51	106%	19.27 MPa						
83		21/ene/21	22/ene/21	HE-R	750-2	1	22/ene/21	matras	3.08 Pk	0.52	106%	25.53 MPa	0.52	10%				
84		21/ene/21	22/ene/21	Topol	750-2	1	22/ene/21	matras	4.17 Pk	0.65	83%	22.53 MPa						

Tabla 65. Bitácora miércoles de semana 10

Miércoles 24 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó el ensayo ASTM C109 para cubos de cemento.



2. Se enseñó y supervisó al nuevo practicante de Ingeniería Civil en el ensayo ASTM C109.



3. Se comenzó a pasar la información de los ensayos en el cemento a los nuevos formatos creados en MS Excel.



Tabla 66. Bitácora jueves de semana 10

Jueves 25 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizó el ensayo ASTM C188 para peso específico del cemento.



2. Se enseñó y supervisó al nuevo practicante de Ingeniería Civil en el ensayo ASTM C188.



3. Se ensayaron a compresión cubos de cemento según norma ASTM C109.



4. Se terminó de pasar toda la información de los ensayos en el cemento en los nuevos formatos.

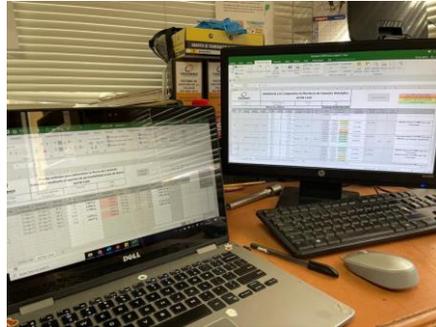


Tabla 67. Bitácora viernes de semana 10

Viernes 26 de marzo, 8:00 a.m. – 5:00 p.m.

1. Se realizaron cubos de cemento según norma ASTM C109.



2. Se prepararon dos muestras de cemento para ser enviadas a ARGOS y puedan realizar ensayos en él para posteriormente comparar resultados.



3. Se recibió la visita de cierre de periodo por parte de la Ing. Karla Uclés.



4. Se dejó en un solo documento de MS Excel las hojas que corresponden a los nuevos formatos para análisis del cemento.

Cisterna	Silo	Fecha de producción	Fecha de elaboración	Tipo de cemento	Cemento pesado (g)	Lectura inicial	Lectura final	Peso específico CONCREMIX	Peso específico ARGOS	Diferencia
#17		13-feb-21	15-feb-21	HE-R	64.0 g	0.6	21.7	3.03	3.00	0.03
#17		17-feb-21	25-feb-21	Tipo I	64.0 g	0.4	21.0	3.10	3.10	0.00
#5		20-feb-21	23-feb-21	HE-R	64.0 g	0.9	22.1	3.02	3.00	0.02
#17		24-feb-21	05-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.8	21.4	3.11	3.10	0.01
#25		26-feb-21	05-mar-21	HE-R	64.0 g	0.7	21.7	3.05	3.00	0.05
#17		26-feb-21	04-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.9	21.7	3.08	3.10	0.02
#2		02-mar-21	18-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.5	21.5	3.05	3.10	0.05
#0		03-mar-21	18-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.2	21.2	3.05	3.10	0.05
#4		05-mar-21	25-mar-21	Tipo I	64.0 g	0.5				