

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS DE GRADO

**“DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE SACAROSA COMO ADITIVO
RETARDANTE EN EL PROCESO DE FRAGUADO Y MEJORA DE LAS
PROPIEDADES MECANICAS DEL HORMIGON”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos

Para obtener el Título de Licenciado en Ingeniería Civil

POSTULANTE: Pamela Dayana Leydi Colque Paye

TUTOR COLECTIVO: Ing. Richard Manrique Sanabria

ASESOR: Ing. Mario Adolfo Piñeiro Álvarez

Cobija - Pando – Bolivia

2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios por brindarme sabiduría.

A mis padres por ser mi fuente de apoyo y perseverancia durante todo este proceso.

A la Universidad Amazónica de Pando por ser mi casa de estudio.

A la facultad de ciencias y tecnología por formarme como ingeniera.

A los ingenieros Mario Piñeiro y Richard Manrique, asesor y tutor de la presente tesis por la orientación, paciencia y buenos consejos en todo el proceso que duro la investigación.

A las todas las personas que contribuyeron de manera desinteresada en la culminación de la investigación.

DEDICATORIA

El trabajo se lo dedicado a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar con este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, que han sido el pilar fundamental en el desarrollo de toda mi carrera, quienes me han tendido la mano siempre, y nunca me han abandonado.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene por objetivo determinar el porcentaje óptimo de sacarosa como aditivo retardante en el proceso de fraguado y que a su vez mejore las características mecánicas del hormigón, para ello se realizaron 4 tipos de especímenes donde, un espécimen será la muestra de control y las 3 restantes serán muestras experimentales al que se añadirá sacarosa en los porcentajes de 0.03 %, 0.06% y 0.15% con respecto al peso del cemento, estas muestras experimentales con sacarosa se compararon con la muestra de control la cual no lleva sacarosa. Previamente por cada espécimen se realizaron ensayos de tiempo de fraguado como indica la norma ASTM C 191, y ensayos de resistencia a compresión conforme la norma ASTM C 39, se evaluó la resistencia a la compresión a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, para el mismo se elaboraron 180 probetas cilíndricas según la norma ASTM C 31, 45 probetas para cada espécimen y 15 probetas para cada edad propuesta.

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la muestra patrón tiene un tiempo de fraguado inicial de 5 horas con 4 min y un final de fraguado a las 6 horas con 12 min con una resistencia a la compresión a los 28 días de 300.47 kg/cm², la muestra experimental 1 con 0.03% de sacarosa, presenta un inicio de fraguado a las 6 horas con 48 min y un final de fraguado a las 7 horas con 43 min, con una resistencia de compresión a los 28 días de 310.93 kg/cm², la muestra experimental 2 con 0.06% de sacarosa se observa el inicio de fraguado a las 15 horas con 24 min y su final de fraguado a las 18 horas con 24 min. Con una resistencia a los 28 días de 317.55 kg/cm² y en la muestra experimental 3 con 0.15% de sacarosa se

puede contemplar que su tiempo de inicio de fraguado es a las 17 horas con 4 min y su final de fraguado es a las 22 horas con 6 min, con una resistencia a la compresión a los 28 días de 344.66 kg/cm².

Evidenciando que el uso de sacarosa, aumenta: el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión, proporcional a la cantidad añadida. Llegando a una conclusión siguiendo las especificaciones de la norma ASTM C 191 Y C494, determinando que el mejor porcentaje óptimo de sacarosa es el 0.03% para usarlo como aditivo retardante de fraguado.

INDICE

1. MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. JUSTIFICACIÓN	8
1.5. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS	9
1.6. ALCANCES	10
2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	12
2.1.1. Hormigón.....	12
2.1.2. Componente.....	12
2.1.2.1. Agregado	12
2.1.2.2. Cemento	13
2.1.2.2.1. Cementos portland	13
2.1.2.3. Agua.....	14
2.1.3. Propiedades del hormigón	15
2.1.3.1. Propiedades en estado fresco	15
2.1.3.1.1. Fraguado	15
2.1.3.1.2. Trabajabilidad.....	19
2.1.3.2. Propiedades en estado endurecido	20

2.1.3.2.1.	Resistencia a la compresión	20
2.1.3.2.2.	Evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del hormigón. ...	21
2.1.3.2.3.	Funciones estadísticas.....	22
2.1.3.2.4.	Normas de control por análisis estadístico	24
2.1.3.2.5.	CRITERIOS PARA LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA.....	25
2.1.4.	Aditivos para el hormigón	26
2.1.4.1.1.	Aditivos retardantes.....	31
2.1.4.1.2.	Mecanismo de acción del aditivo retardante	33
2.1.4.1.3.	La composición química de los aditivos retardantes	33
2.1.4.2.	Aditivo natural – sacarosa	34
2.1.4.3.	Sacarosa.....	34
2.1.4.4.	Composición química de la sacarosa.....	35
2.1.4.5.	Glucosa	35
2.1.4.6.	Fructosa.....	35
2.1.4.6.1.	Tipos de azúcar.....	36
2.1.4.6.2.	Azúcar morena	36
2.1.4.6.3.	Azúcar rubia	36
2.1.4.6.4.	Azúcar blanco	36
2.1.4.6.5.	Azúcar refinado o extra blanco	37
2.1.4.7.	Mecanismo de acción de la sacarosa en el proceso de hidratación del cemento	37
3.	MARCO APLICATIVO	39
3.1.	DISEÑO METODOLOGICO.....	39
3.1.1.	Enfoque, tipo y nivel de investigación	39
3.1.1.1.	Enfoque de investigación	39
3.1.1.2.	Tipo de investigación.....	39
3.1.1.3.	Nivel de investigación.....	39
3.1.2.	Población y muestra del estudio	39
3.1.2.1.	Población	39
3.1.2.2.	Muestra	39

3.2. DETERMINAR LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO MEDIANTE NORMA ASTM C - 187 (NB 062:1995)	40
3.2.1. Condiciones de temperatura	40
3.2.2. Materiales, equipo y accesorio	40
3.2.2.1. Materiales.....	40
3.2.2.2. Equipo.....	40
3.2.2.3. Accesorios.....	41
3.2.3. procedimiento del ensayo	41
3.2.4. Determinación de la consistencia normal.....	43
3.2.4.1. Cálculo	44
3.3. DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO INCORPORANDO AL MISMO SACAROSA, COMO ADITIVO RETARDADOR DEL FRAGUADO SEGÚN LA NORMA ASTM C191 (NB 063:1995) CON EL APARATO DE VICAT.....	45
3.3.1. Condiciones de temperatura	45
3.3.2. Materiales, equipo y accesorio	46
3.3.2.1. Materiales.....	46
3.3.2.2. Equipo.....	46
3.3.2.3. Accesorio	46
3.3.3. Procedimiento.....	47
3.3.3.1. Preparación de la pasta.....	47
3.3.3.2. Determinación de tiempo de fraguado.....	48
3.3.3.3. Precauciones	57
3.4. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS SEGÚN NORMA ASTM	58

3.4.1.	Práctica estándar para muestreo de agregados ASTM D-75.....	58
3.4.1.1.	Definiciones:.....	58
3.4.1.2.	Muestreo desde pilas de almacenamiento:.....	58
3.4.1.3.	Trasporte y almacenamiento:.....	59
3.4.1.4.	Procedimiento:.....	59
3.4.1.5.	Acopio de materiales:.....	60
3.4.2.	Práctica estándar para reducción de las muestras de agregado a tamaño de prueba ASTM C-702.....	61
3.4.2.1.	Herramientas:.....	61
3.4.2.2.	Procedimiento:.....	61
3.4.3.	Método de ensayo. determinación por lavado del material que pasa por tamiz 0,075 μm (no. 200) en minerales ASTM C117.....	62
3.4.3.1.	Aparatos:.....	63
3.4.3.2.	Procedimiento:.....	64
3.4.3.3.	Cálculo:.....	65
3.4.4.	Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso según norma ASTM C-127.....	66
3.4.4.1.	Equipo.....	67
3.4.4.2.	Muestra.....	67
3.4.4.3.	Procedimiento.....	68
3.4.4.4.	Cálculo.....	70
3.4.5.	Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino según norma ASTM C-128.....	72
3.4.5.1.	Equipo:.....	73
3.4.5.2.	Muestreo y preparación de muestra.....	73
3.4.5.3.	Procedimiento.....	74
3.4.5.4.	Cálculos.....	77
3.4.5.4.1.	Densidad relativa seca al horno o Gravedad específica bruta (Gs).....	77

3.4.5.4.2.	Gravedad específica saturada de superficie seca (G _{ss}):.....	77
3.4.5.4.3.	Gravedad específica aparente (G _s aparente):	77
3.4.5.4.4.	Calculo del porcentaje de absorción.....	77
3.4.6.	Determinación de la densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados ASTM C-29/C-29M.....	78
3.4.6.1.	Equipo:.....	79
3.4.6.2.	Procedimiento:.....	79
3.4.6.3.	Cálculo:.....	81
3.4.7.	Determinación por secado del contenido total de humedad evaporable en el agregado ASTM C-566.....	85
3.4.7.1.	Equipo.....	85
3.4.7.2.	Muestra.....	85
3.4.7.3.	Procedimiento.....	86
3.4.7.4.	Calculo.....	86
3.4.8.	Análisis granulométrico por tamices de agregado grueso y fino ASTM C-136 (NB 597).....	87
3.4.8.1.	Equipo.....	87
3.4.8.2.	Muestreo.....	88
3.4.8.3.	Procedimiento.....	89
3.4.8.4.	Cálculos.....	91
3.4.8.5.	Agregado grueso.....	92
3.4.8.6.	Agregados finos.....	97
3.5.	DETERMINAR LAS COMBINACIONES DE LAS GRANULOMETRIAS, UBICANDO DENTRO DE LOS LÍMITES DE ASTM C 33 PARA DOSIFICACIONES DE HORMIGONES	100
3.5.1.	combinaciones de granulometrías, ubicando dentro de los límites de ASTM C- 33, para dosificaciones de hormigón.....	100

3.6. DETERMINAR UN DISEÑO DE MEZCLA CUMPLIENDO CON LOS REQUISITOS DE ACI-211 PARA UN H21	105
3.6.1. DISEÑO DE MEZCLA CON RESISTENCIA DE H 21 USANDO EL METODO ACI – 211.....	105
3.6.2. DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGON ADICIONANDO SACAROSA.....	113
3.6.3. METODO DE ENSAYO, DETERMINACIÓN DE REVENIMIENTO ASTM C 143	113
3.6.4. MÉTODO DE PRUEBA. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA ASTM C-31	117
3.6.5. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO ASTM C-39	120
3.6.6. ANALISIS ESTADISTICO SEGÚN LA GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN (ACI 214RS-11).	122
4. .RESULTADOS OBTENIDOS	129
4.1. TIEMPO DE FRAGUADO EN LA PASTA DE CEMENTO	129
4.2. DISEÑO DE MEZCLA.....	135
4.3. DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGON ADICIONANDO SACAROSA	137
4.4. ASENTAMIENTO	138

4.5.	RESISTENCIA Y ANALISIS ESTADISTICO	139
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
5.1.	CONCLUSIONES	141
5.2.	RECOMENDACIONES.....	143
5.3.	BIBLIOGRAFIA	144
6.	ANEXOS.....	146
6.1.	ANEXO A: DISEÑO DOSIFICACION DE HORMIGON	146
6.2.	ANEXO B: RESULTADOS RESISTENCIA A COMPRESION DEL HORMIGON DETERMINADO MEDIANTE PROCEDIMIENTO ESTANDAR ASTM C-39	167
6.3.	ANEXO C: EVALUACION DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGON ACI 214RS-11	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Aparato de Vicat manual</i>	18
Figura 2 <i>Distribución normal supuesto correspondiente al hormigón</i>	22
Figura 3 <i>Efecto de los retardadores y de los acelerantes en la resistencia</i>	32
Figura 4 <i>Equipo de aparato de Vicat y accesorios</i>	41
Figura 5 <i>Preparación de materiales para el ensayo de consistencia</i>	42
Figura 6 <i>Aparato de Vicat automático adaptado a manual</i>	43
Figura 7 <i>Determinación de consistencia normal</i>	44
Figura 8 <i>Preparación de la pasta</i>	47
Figura 9 <i>Determinación del tiempo de fraguado</i>	48
Figura 10 <i>Tiempo de fraguado de pasta de cemento sin aditivo orgánico (sacarosa)</i>	50
Figura 11 <i>Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.03 % de sacarosa</i>	52
Figura 12 <i>Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.06% de sacarosa</i>	54
Figura 13 <i>Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.15% de sacarosa</i>	57
Figura 14 <i>Agregados utilizados en la investigación</i>	60
Figura 15 <i>Almacenamiento de Agregados utilizados en la investigación</i>	60
Figura 16 <i>Cuarteo agregado grueso “Método B” ASTM C-702</i>	62
Figura 17 <i>Muestreo para lavado</i>	64
Figura 18 <i>Lavado en el tamiz 200 y secado al horno</i>	65
Figura 19 <i>Agregado sumergido en agua por 24 h</i>	69
Figura 20 <i>Muestra sumergida en agua</i>	70
Figura 21 <i>Muestra compactada con el pisón</i>	75
Figura 22 <i>Revenimiento de la muestra</i>	75

Figura 23	<i>Muestra con agua en el picnómetro</i>	76
Figura 24	<i>Ensayo de peso unitario</i>	82
Figura 25	<i>Compactando el agregado</i>	83
Figura 26	<i>Peso unitario suelto</i>	84
Figura 27	<i>Serie de tamices y tamizador mecánico</i>	88
Figura 28	<i>Muestra en proceso de tamizado</i>	90
Figura 29	<i>Muestra retenida en los tamices: bandeja, No 8, No 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1"</i>	91
Figura 30	<i>Curva granulométrica "BRITA 1"</i>	94
Figura 31	<i>Curva granulométrica "BRITA 5/8"</i>	95
Figura 32	<i>Curva granulométrica "BRITA 3/8"</i>	97
Figura 33	<i>Curva granulométrica "POLVO DE BRITA"</i>	98
Figura 34	<i>Curva granulométrica "ARENA"</i>	100
Figura 35	<i>Curva granulométrica combinación de agregado grueso.</i>	102
Figura 36	<i>Curva granulométrica combinación de agregado fino.</i>	104
Figura 37	<i>Rotura de probetas</i>	122
Figura 38	<i>Distribución normal de la muestra de control</i>	126
Figura 39	<i>Criterios de aceptación</i>	127
Figura 40	<i>Curva de madurez del hormigón de control</i>	128
Figura 41	<i>Tiempo de fraguado de la muestra de control donde se observa la dispersión de datos de la media</i>	131
Figura 42	<i>Tiempo de fraguado de la muestra experimental 1 con 0.03% de sacarosa donde se observa la dispersión de datos de la media</i>	132

Figura 43 <i>Tiempo de fraguado de la muestra experimental 2 con 0.06% de sacarosa donde se observa la dispersión de datos de la media</i>	133
Figura 44 <i>Tiempo de fraguado de la muestra experimental con 0.15% de sacarosa donde se observa la dispersión de datos de la media</i>	134
Figura 45 <i>Influencia de la sacarosa en el tiempo de fraguado inicial y final</i>	135
Figura 46 <i>Resultados de las pruebas del diseño de mezcla</i>	137
Figura 47 <i>Efectos en el asentamiento del hormigón con sacarosa</i>	138
Figura 48 <i>Curva de madurez del hormigón según tipo</i>	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consistencia de mezcla de hormigón (sin aditivos)	19
Tabla 2 Criterios en base a la resistencia a la compresión según la NB, la EHE y la ACI. .	20
Tabla 3 Factor para incrementar la desviación estándar de acuerdo con el número de ensayos.	21
Tabla 4 Factores para el cálculo de la desviación estándar dentro de la tanda (d_2)......	23
Tabla 5 Estándares de control de la desviación estándar del lote de muestras hormigón $f'c' \leq$ 35 MPa.....	24
Tabla 6 Estándares de control del coeficiente de variación entre muestras hormigón $f'c' \leq$ 35 MPa.....	25
Tabla 7 Requisitos Físicos A	27
Tabla 8 Clasificación de los aditivos para el hormigón.....	29
Tabla 9 Muestra de los tipos de porcentajes evaluados.....	39
Tabla 10 consistencia normal del cemento portland (YURA)	44
Tabla 11 Tiempo de fraguado de pasta de cemento sin aditivo orgánico (sacarosa)	49
Tabla 12 Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.03% de sacarosa	50
Tabla 13 Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.06% de sacarosa	52
Tabla 14 Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.15 % de sacarosa	55
Tabla 15 Tamaño de muestras para agregados según ASTM D-75	59
Tabla 16 Límites para sustancias nocivas en agregados para el hormigón.	63
Tabla 17 tamaño de muestra para perdida por lavado según ASTM C117.....	64
Tabla 18 tamaño de muestra representativa	68
Tabla 19 Datos de agregados grueso para determinación de gravedad específica	71

Tabla 20	Gravedad específica de los agregados gruesos.....	71
Tabla 21	Datos para determinar la gravedad específica de los agregados finos	78
Tabla 22	Gravedad específica de los agregados	78
Tabla 23	Capacidad de recipiente volumétrico para densidad bruta ASTM C-29/C-29M. .	79
Tabla 24	Densidad bruta compactada o peso unitario compactado de agregados.....	83
Tabla 25	Densidad bruta suelta o peso unitario suelto de agregados	84
Tabla 26	Muestra de ensayo de agregado.....	85
Tabla 27	Porcentaje de humedad de los agregados	87
Tabla 28	tamaño máximo nominal de agregado.....	88
Tabla 29	Granulometría de Brita 1 (25 mm)	92
Tabla 30	Granulometría de Brita 5/8 (19 mm)	94
Tabla 31	Granulometría de Brita 3/8 (12 mm)	95
Tabla 32	Granulometría del Polvo de brita (4.75 mm)	97
Tabla 33	Granulometría de Arena (1.18mm)	98
Tabla 34	Combinación de agregado grueso piedra triturada.....	101
Tabla 35	Verificación límites de gradación ASTM C33 combinación agregado grueso. .	101
Tabla 36	Combinación de agregado fino polvo de brita y arena.....	103
Tabla 37	Verificación límites de gradación ASTM C33 combinación agregado fino.	103
Tabla 38	Características físicas de los agregados combinados gruesos y finos.	105
Tabla 39	Datos del hormigón	106
Tabla 40	Datos de los materiales.....	106
Tabla 41	Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) cuando no hay datos disponibles de desviación estándar.....	107

Tabla 42	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción	107
Tabla 43	Requerimiento de agua y aire incluido para diferentes revenimientos y tamaño máximo de agregado.....	108
Tabla 44	Relación Agua/Cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del hormigón.	108
Tabla 45	Relación agua/cemento para una resistencia requerida de 295 kg/cm ²	109
Tabla 46	Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigón.....	109
Tabla 47	Volumen unitario de concreto para un módulo de finura de arena de 2.64.....	110
Tabla 48	Primera estimación del peso del concreto fresco	110
Tabla 49	Peso del agregado fino por el método de volumen absoluto	111
Tabla 50	El resumen de cantidades de cada material por m ³ de hormigón es:.....	112
Tabla 51	El agua que se añadirá a la mezcla será:.....	112
Tabla 52	El resumen de materiales por m ³ (método por peso específico).....	113
Tabla 53	Trabajabilidad del hormigón	116
Tabla 54	Requisito método de consolidación.....	119
Tabla 55	Requisitos de moldeado por varillado	119
Tabla 56	Estándares de control de la desviación estándar del lote de muestras hormigón $f'_{c'} \leq 35$ MPa.	123
Tabla 57	Estándares de control del coeficiente de variación entre muestras hormigón $f'_{c'} \leq 35$ MPa.....	124
Tabla 58	Resumen de resultados del tiempo de fraguado de la pasta de cemento de las 4 muestras	129
Tabla 59	Cantidades de materiales para los diseños de mezcla	136
Tabla 60	Resultados de los diseño de mezcla	136

Tabla 61 Materiales para las mezclas del hormigón y las 3 experimentales con sacarosa.	137
Tabla 62 Efectos en el asentamiento del hormigón con sacarosa.....	138
Tabla 63 resumen de resultados de la muestra de control y las muestras experimentales así como la variación que hay entre las mismas.	139

CAPITULO I

1. MARCO INTRODUCTORIO

Bolivia es un país diverso que posee una gran cantidad de fauna, flora y microclimas, por lo que esta investigación se enfoca en el comportamiento del proceso de fraguado del hormigón en climas cálidos el que se tiene en la ciudad de Cobija. Debido a que las altas temperaturas ambientales ocasionan el aumento de temperatura de los componentes del hormigón, presentándose así, el aceleramiento de fraguado del hormigón, particularmente en vaciados con grandes volúmenes y durante su transporte desde la planta de hormigón en el caso que hubiera hasta la obra, por el incremento del tiempo debido a estas variables de producción de hormigón y transporte, tiene como resultado una pérdida de revenimiento y una aceleración en el proceso de hidratación, lo cual reduce los tiempos de fraguado. Esto implica que se pierda trabajabilidad impidiendo colocar fácilmente el hormigón y al no ser adecuadamente vibradas se puede producir cangrejeras, fisuras, etc.

Convirtiéndose en un inconveniente que enfrenta hoy la Ingeniería Civil en la ejecución de las obras.

El análisis de la investigación es exclusivamente para hormigones en losas o también para pavimentos rígidos, debido a que estas estructuras tienen una superficie plana (espesor pequeño con superficie grande), que están expuestas a la atmosfera, por lo tanto es más evidente la pérdida de agua.

Una solución para tratar este inconveniente que causa retardos en la ejecución de los proyectos e incrementos en los costos por pérdidas de mezclas de hormigones que deben ser desechadas, está en el empleo de aditivos para retardar el fraguado, sin embargo, los aditivos retardantes comerciales tienen la posibilidad de significar un precio relevante a la obra,

aunado a las escasas distribuidoras de este en el mercado local. Ocasionalmente que la utilización del aditivo retardante sea poco usado y poco conocido.

Es así que en esta investigación se buscó una solución al problema ya mencionado, planteándose así la pregunta de investigación ¿es posible usar la sacarosa como aditivo retardante y que a su vez mejore las características mecánicas del hormigón?

A través de una metodología cuasi experimental, se investigó y se determinó el porcentaje óptimo de sacarosa como aditivo retardante natural en el proceso de fraguado y mejorando las propiedades mecánicas del hormigón.

La sacarosa ofrece una opción confiable para retardar el tiempo de fraguado del hormigón antes de llegar al sitio de vaciado, es un producto de uso común, de fácil obtención y su accesibilidad es mayor en comparación con un aditivo químico, a su vez, los precios de la sacarosa son menores en comparación con otros productos comerciales, presentando precios elevados que aumentan los costos de la obra en comparación de si se emplea la sacarosa, solo basta con tener claro el porcentaje a emplear de acuerdo con la cantidad de cemento.

1.1.ANTECEDENTES

Tradicionalmente se define al hormigón como una mezcla homogénea de tres compuestos fundamentales, un conglomerante: el cemento, el agente activante: el agua, y partículas minerales de diferentes tamaños ligadas por la pasta cementante que son los agregados, formando así una masa semejante a una roca.

A lo largo de la historia el hormigón se ha ido generalizando y generando a gran medida la demanda de este material y así también emergen otras prestaciones necesarias de atender, por lo cual surge un componente que son los aditivos químicos que se va desarrollando desde el

siglo pasado, tiempo después que JHOSEP ASPDIN en Inglaterra patentó el “cemento portland” en 1824.

Sin embargo el empleo de aditivos en el hormigón no es tan nuevo, ya que el hombre agregaba productos orgánicos e inorgánicos para mejorar el material en la antigua Roma, hace más de 2000 años atrás, siendo así que los romanos solían utilizar productos orgánicos tales como, sangre de animal, huevo, leche, azúcar, entre otros, otorgando beneficios a la mezcla.

El uso de los aditivos químicos depende de la necesidad que demanda el hormigón, una de las necesidades se presenta en climas cálidos donde el hormigón tiende a fraguarse mucho más rápido de lo debido. Para esto se precisa un retardante de fraguado cuyo compuesto químico principal, son hidratos de carbón, explicando así la razón por la cual los romanos usaban azúcar, ya que este pertenece al grupo de hidratos de carbono.

En 1957 el doctor en química industrial ALVARO LOPEZ RUIZ en el “laboratorio de ensayo y proyecto de materiales de construcción de la base rota” en España.

Investigó, que efectos presentaba el adicionar azúcar en pequeñas cantidades a la mezcla del hormigón. Explicando así que el azúcar perteneciendo al grupo hidrófobo y el cemento hidrófilo, en el proceso de la realización de la mezcla, el azúcar actuara como aislante cubriendo como una pequeña película para que las partículas del cemento no entren en contacto inmediato con el agua, afectando así al retraso del fraguado.

Entonces el azúcar sería una solución a un problema muy frecuente del hormigón en lugares tropicales, como es el caso de la ciudad de COBIJA, una región con climas y temperaturas elevadas el cual afecta al fraguado del hormigón y esto complica el proceso del vaciado de

una estructura, anexando a eso la difícil disponibilidad del aditivo químico “retardante de fraguado” en la localidad.

Por tanto, surge la necesidad de realizar investigaciones con respecto al añadir sacarosa “azúcar” a la mezcla del hormigón, realizando los ensayos respectivos según normas para ver los efectos, ventajas y desventajas que conlleva el añadir sacarosa “azúcar” al hormigón,

Una de las primeras investigaciones fue del doctor ALVARO LOPEZ RUIZ ya mencionado anteriormente, el cual usando una metodología experimental-descriptiva, Realizó ensayos con 3 porcentajes diferente de sacarosa “azúcar” de 0.03%,0.06% y 0.12% dando unos resultados positivos retardando el tiempo de fraguado y mejorando la resistencia a los 28 días del hormigón, Demostrando a través de los resultados la diferencia entre los 3 porcentajes, el aumento del resultado tanto en el tiempo de fraguado y la resistencia a los 28 días, llegando a la conclusión que el azúcar “Sacarosa” es un aditivo orgánico retardante de fraguado.

En 1967 en la Universidad de Liverpool (ESPAÑA) se desarrolló y se publicó la investigación de R. ASHWORTH “*Some investigation in to the use of sugar as an admixture to concrete*” donde las conclusiones fueron semejantes al trabajo del DR. ALVARO LOPEZ RUIZ, comprobando la viabilidad de la investigación.

En la tesis realizada por JULIO CESAR ALVAREZ GUILLEN en la universidad de San Carlos Guatemala en 2017, investigó el tema “AZÚCAR COMO ADITIVO RETARDANTE Y MODIFICADOR DE RESISTENCIA PARA MEZCLAS DE CONCRETO” donde a través de una metodología experimental-descriptiva, realizó ensayos añadiendo pequeñas porcentajes de azúcar a la mezcla de dos tipos diferentes de azúcar, azúcar morena y azúcar blanca. Trabajando con 3 porcentajes de azúcar morena y 3 de azúcar blanca, usando 0.03%, 0.075% y 0.15% con respecto al peso del cemento. Llegando a una conclusión de que efectivamente retarda el fraguado del hormigón y que a su vez aumenta la resistencia pero

con la diferencia que con el azúcar morena se obtienen resultados muy bajos en comparación con la azúcar blanca.

En Bolivia, en el departamento Santa Cruz de la Sierra también se ha investigado este tema, mediante la monografía realizada por María Fernanda silvestre en la universidad Gabriel Rene Moreno, quien investigó en el 2019 el tema “INFLUENCIA DEL AZÚCAR EN EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN A LOS SIGUIENTES PORCENTAJES DE AZÚCAR DE 0,03%, 0,07%, 0,15% UTILIZANDO EL EQUIPO DE VICAT” demostrando así que efectivamente el azúcar funciona como un retardante de fraguado, llegando a la conclusión que mientras más sea el porcentaje, el tiempo de fraguado será mayor.

Para Complementar el anterior trabajo se presenta la monografía realizada por Daniel Sosa Azurduy con el tema “INFLUENCIA DEL AZÚCAR COMO ADITIVO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DEL HORMIGÓN, EN PORCENTAJE DE 0.03%,0.07%,0.15%,0.20%,0.25% Y 0.30%.” el cual realizó cilindros con la mezcla de hormigón añadiendo azúcar y trabajando con los porcentajes ya mencionados, para comparar los resultados con un hormigón patrón (sin azúcar), realizando los ensayos según norma ASTM, llegando a una conclusión que la resistencia a compresión va incrementando desde 0.03% al 0.07% pero a partir del 0.15% al 0.30% la resistencia va decreciendo.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el departamento de Pando uno de los problemas que se presenta a la hora de ejecutar el vaciado de estructuras donde se requieren altos volúmenes de hormigón, es la reducción del tiempo de fraguado, este problema se presenta a causa de que, nuestra región se encuentra en una zona tropical donde las temperaturas son elevadas, alcanzando así una temperatura

máxima media anual de 35.14 °C en los últimos 22 años. (SENAMHI, s.f.), Afectando así a la hidratación del cemento, reduciendo el tiempo de fraguado inicial y provocando endurecimiento rápido en la mezcla, causando la disminución de la trabajabilidad debido a la rápida evaporación y aceleración del tiempo que fraguado, en consecuencia la mala colocación del hormigón que le da paso a la presencia de cangrejeras y por ende déficit estructural.

Es por eso que se han estado usando métodos constructivos para minimizar el problema planteado tales como, realizar vaciados en horario nocturno y uso de aditivos convencionales. Sin embargo el empleo de estos métodos no son una solución óptima, ya que los trabajos en horarios nocturnos ocasionan inseguridad laboral, retrasos en el tiempo de ejecución y sobre todo incremento en el costo económico de la construcción, así mismo si bien se hace uso de aditivos convencionales, estos aditivos se usan de una forma empírica ya que no existen estudios que respalden su uso con materiales del lugar, mencionando también que es escasa la disponibilidad en el mercado local.

Antes de la aparición de los aditivos convencionales, se ha usado de una forma empírica el aditivo orgánico, la sacarosa, para resolver los problemas que se les presentaba en la ejecución de obras, sobre todo en carreteras con los camiones mixer, ya que estos transportan concreto a largas distancias, donde los resultados del retraso del tiempo del fraguado no siempre son los esperados, y sin saber si se pone en juego la resistencia y durabilidad del hormigón

Problema principal

La falta de información que aporte al conocimiento, el uso de la sacarosa como aditivo retardante orgánico en el proceso del fraguado del hormigón y cómo esta influye en las características mecánicas del hormigón.

Pregunta de investigación

¿Es posible usar la sacarosa como aditivo retardante y que a su vez mejore las características mecánicas del hormigón?

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. *Objetivo General*

- Determinar el porcentaje óptimo de sacarosa como aditivo retardador en el proceso de fraguado y mejorar las propiedades mecánicas del hormigón.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar la consistencia normal del cemento hidráulico mediante norma ASTM C 187 (NB 062:1995)
- Determinar el tiempo de fraguado del cemento incorporando al mismo sacarosa como aditivo retardador del fraguado según la norma ASTM C191 (NB 063:1995) con el aparato de Vicat.
- Caracterizar las propiedades requeridas de los agregados utilizando los procedimientos estándar de ASTM para el diseño de mezcla.
- Determinar las combinaciones de las granulometrías, ubicando dentro de los límites de ASTM C-33 para dosificaciones de hormigones.
- Determinar un diseño de mezcla cumpliendo con los requisitos de ACI-211 para un H21

- Comparar los resultados del tiempo de fraguado con los porcentajes de sacarosa de 0.03 %, 0.06 % y 0.15% y con el tiempo de fraguado de la mezcla sin sacarosa.
- Desarrollar los ensayos a compresión cumpliendo con los requisitos de la norma ASTM C39

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Cobija, una de las complicaciones en el área de la construcción, donde se emplean grandes volúmenes de hormigón, es la pérdida de trabajabilidad, debido a que nuestra región pertenece a una zona de climas muy cálidos, razón por la que el agua de amasado tiende a evaporarse en un tiempo más corto de lo esperado.

Muchas veces resulta que pasan eventos inesperados que impiden continuar el hormigonado, para evitar que el hormigón se fragüe, necesitamos incorporar aditivos retardantes que muchas veces no se encuentran al alcance de la mano, como por ejemplo construcciones alejadas de la zona urbana donde el Ingeniero tiene que demostrar su capacidad y conocimiento para solucionar este tipo de eventos fortuitos, también los aditivos retardantes comerciales pueden significar un costo significativo a la obra sin mencionar el difícil acceso a las mismas en la ciudad de Cobija, aunado la falta inmediata y disponibilidad de los mismos, en eventos no previstos e inesperados a la hora de la ejecución de la obra. Provocando pérdidas económicas y cambios en las características de resistencia del hormigón además de un retraso en el tiempo de ejecución.

De ahí surge la necesidad de obtener algún aditivo retardante que pueda ser económico, accesible y factible para la Ciudad de Cobija, que permita trabajar con normalidad y en horarios accesibles, buscando el porcentaje óptimo de sacarosa para añadir a la mezcla del

hormigón, y que esta satisfaga el tiempo de fraguado necesario para su colocación, transporte y que además pueda mejorar sus características mecánicas.

Tomando en cuenta lo mencionado líneas arriba, la presente investigación contribuirá con la información obtenida sobre la mezcla del hormigón elaborado con sacarosa como aditivo orgánico retardante, analizando con diferentes proporciones, hasta lograr el porcentaje óptimo para retardar el fraguado y a su vez mejorar las propiedades mecánicas del hormigón, como también, dar a conocer los cuidados que en todo el proceso se necesitará.

El estudio está respaldado por los ensayos respectivos para el fraguado y resistencia a compresión que establece la norma ASTM, cuyos resultados permitirá que se beneficien las personas, dedicadas al ámbito de la construcción, aplicar las proporciones recomendadas de sacarosa como retardador en el fraguado y aumentar la resistencia a la compresión del hormigón, considerando que se tiene gran accesibilidad al aditivo orgánico (sacarosa).

1.5. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Dado el objetivo del estudio que es determinar el porcentaje óptimo de sacarosa para usarlo como un aditivo orgánico retardante en la mezcla del hormigón y que a su vez mejore su característica mecánica, se recurrió a un diseño descriptivo-experimental que se aplicara de manera cuasi experimental, donde se verá cómo influye la sacarosa en la mezcla del hormigón y viendo a detalle los efectos de esta, describiendo así los resultados que se van obteniendo sucesivamente en el proceso de la investigación.

Siendo así que tendrá un enfoque cuantitativo, ya que este método se adapta a las necesidades y características del trabajo de investigación. Obteniendo así los datos necesarios realizando una secuencia de ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos del Área de Ciencias y Tecnología (ACYT) de la Universidad Amazónica de Pando.

Guiados por las normas ASTM para cada respectivo ensayo y llegar a tener un diseño de mezcla de hormigón H21, donde se comparara la mezcla sin aditivo orgánico de sacarosa, con otras 3 mezclas con diferentes porcentajes de aditivo orgánico de sacarosa. Analizando los efectos que influyeron en su resistencia a compresión de la misma.

El procesamiento de los datos será estadística descriptiva ya que se presentan tablas y gráficos de los resultados de cada ensayo dando un resumen de los mismos tanto del tiempo fraguado de la pasta, como de la rotura de cilindros del hormigón.

1.6. ALCANCES

En la presente investigación se desarrolla la incorporación de sacarosa “azúcar” de la marca brasilera ITAMARI, como aditivo retardante en la mezcla del hormigón para retardar el fraguado del mismo y que a su vez mejore la resistencia a compresión,

El desarrollo de la investigación se inició con el estudio del tiempo de fraguado realizando el ensayo a la pasta de cemento con el aparato de Vicat siguiendo la norma ASTM C191, sobre 4 tipos de muestras, de las cuales una era la pasta de cemento patrón cuyos resultados se compararon con los obtenidos en tres mezclas con 3 porcentajes diferentes de sacarosa (0.03%, 0.06% y 0.15%) en relación al peso del cemento.

Continuando con el proceso de la investigación se hizo un diseño de mezcla de hormigón H21. Del cual también se obtuvo 4 muestras, la muestra de control y los 3 diferentes porcentajes de sacarosa con la cual se realizaron probetas de hormigón para hacer la rotura a los 7, 14 y 28 días. Para poder ver cómo influye la sacarosa en la resistencia a compresión de la mezcla del hormigón.

Utilizando materias primas que están disponibles en el municipio de Cobija, usando cemento Portland tipo IP 30 de la marca Yura de procedencia Peruana, piedra chancada de brita 1

(25mm), brita 5/8 (19mm), brita 0 (12.5mm), polvo de brita que provienen de brasil y la arena que procede del rio acre en la localidad.

El desarrollo de los ensayos se hizo acorde a los equipos y aparatos disponible en el laboratorio del área de ciencias y tecnología de la Universidad Amazónica de Pando.

Para el siguiente trabajo de investigación se presentó una limitante según norma ASTM C 403 por falta del aparato de aplicación de carga “penetrometro”, en el laboratorio del área de ciencias y tecnología de la universidad amazónica de pando.

Este aparato se usa para el ensayo de tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración, motivo por el cual solo se hizo el fraguado a la pasta de cemento mediante la norma ASTM C191 usando el aparato de Vicat y en la mezcla de hormigón, el ensayo de consistencia con el cono de Abrams, continuando así sin que afecte el avance y objetivo de la investigación.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1.1. *Hormigón*

El concreto u hormigón es una mezcla homogénea de 2 componentes principales que son la pasta y los agregados, la pasta está compuesta por el aglomerante cemento portland y el agente activante que es el agua, que une los agregados generalmente arena y grava o piedra chancada, formando así una masa semejante a una roca. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tenesi, 2004)

2.1.2. *Componente*

2.1.2.1. *Agregado*

Los agregados son los componentes que mayor participación tienen en la mezcla del hormigón, en masa ocupan aproximadamente entre el 70% al 85 %, y en volumen ocupan entre el 60% y 75% del hormigón, influyendo notablemente en las propiedades del hormigón recién mezclado y endurecido.

De acuerdo a su tamaño se clasifican en agregados gruesos y agregados finos, los agregados finos son los que tienen un tamaño menor al tamiz n° 4 (4.75 mm), y mayor al tamiz n° 200 (0.075mm), estos consisten en arena natural o piedra triturada, los agregados gruesos son los que tienen un tamaño mayor al tamiz n° 4 (4.75mm) y menor al tamiz n° 20 (50mm) que consiste en una combinación de gravas o agregado triturado, la grava y la arena naturales usualmente se excavan o se dragan una mina, rio, lago o lecho marino.

La finalidad de usar agregados en los morteros y el hormigón son:

Aporta parte de la resistencia como esqueleto del hormigón y morteros, contribuyendo en buena medida a la resistencia aportada por el cemento y proporciona durabilidad al mortero y hormigón.

Disminuyen la retracción que se produce en la pasta de cemento, teniendo gran importancia el tamaño de sus partículas y el contenido de finos.

Abarata el precio del mortero y hormigón.

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

2.1.2.2. *Cemento*

Los cementos según la norma Boliviana, “son conglomerantes hidráulicos, o sea materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua, forman una pasta que fragua y endurece tanto en el aire como bajo el agua, a causa de las reacciones de hidrolisis e hidratación de sus contribuyentes, dando lugar a productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables. Tanto al aire como bajo el agua”. (NB 011, 1995)

2.1.2.2.1. *Cementos portland*

Son cementos hidráulicos compuestos principalmente por silicatos de calcio hidráulicos que fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, este material se produce al pulverizar el Clinker un componente principal del cemento que se forma tras calcinar caliza y arcilla.

Hay 4 componentes principales en el Clinker que constituyen el 90% del peso del cemento portland, a continuación se presentan los compuestos fundamentales, sus fórmulas químicas y sus abreviaturas.

Silicato tricálcico $3CaO SiO_2 = C_3S$

Silicato dicálcico $2CaO SiO_2 = C_2S$

Aluminato tricálcico $3CaO Al_2O_3 = C_3A$

Aluminoferrito tetracálcico $4CaO Al_2O_3 Fe_2O_3 = C_4SF$

El silicato tricálcico C_3S , se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general la resistencia temprana del concreto de cemento portland es mayor con porcentajes superiores de C_3S

El silicato dicálcico C_2S , se hidratan y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.

El aluminato tricalcico C_3A , libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento, levemente contribuye a la resistencia temprana, al final de la molienda del cemento se agrega yeso que retrasa la velocidad de hidratación del C_3A , ya que, sin el yeso fraguaría rápidamente, los cementos que contienen un menor porcentaje de C_3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

El aluminoferrito tetracalcio C_3AF , reduce la temperatura de formación del Clinker, ayudando a la manufacturación del cemento, la mayoría de efectos de color se debe al C_3AF y a sus hidratos. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tenesi, 2004)

2.1.2.3. Agua

Es un elemento de especial cuidado dentro del hormigón, debido al papel importante que desempeña, como agua de amasado y principalmente como agua de curado.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado se puede utilizar para el hormigón sin embargo algunas aguas no potables también se pueden usar.

Las impurezas excesivas en el agua no solo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del hormigón, sino también causa corrosión del refuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad de algunas propiedades. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tenesi, 2004)

2.1.3. *Propiedades del hormigón*

2.1.3.1. *Propiedades en estado fresco*

2.1.3.1.1. *Fraguado*

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentemente de la reacción química del amasado con los óxidos metálicos del Clinker, los tiempos del fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal, La velocidad de fraguado viene limitado por las normas estableciendo un periodo de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual debe producirse el principio y fin del fraguado. Este proceso es controlado por medio del ensayo de la aguja de Vicat (NB 063; ASTM C191), que mide el inicio y fin del fraguado en mediciones de penetraciones cada 15min.

El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento, también influye sobre el tiempo de fraguado la relación agua cemento y los aditivos usados. Los tiempos de fraguados de los concretos no están relacionados directamente con los tiempos de fraguados de la pasta debido a la pérdida de agua en el aire o en los lechos y debido a las diferencias de temperatura en la

obra en contraste con la temperatura controlada que existe en el laboratorio. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tenesi, 2004)

Otros factores que influyen el tiempo del fraguado son:

Finura: el fraguado es más rápido cuando el cemento es más fino.

Agua: el fraguado es más rápido cuando la mezcla tiene menor cantidad de agua.

Temperatura: a elevadas temperaturas el fraguado se adelanta y a bajas temperaturas se atrasa.

Fraguado falso

Se manifiesta por un endurecimiento rápido del hormigón poco después del mezclado. Si este es resultado de la deshidratación del yeso durante el proceso de molido, por lo general desaparecerá con un mezclado adicional. Si es resultado de la interacción cemento-aditivo, es posible que se requieran agua y mezclado adicionales para mitigar el problema. (CRESPO & MARIELA VIVIAN QUIROZ CRESPO, 2006)

ENSAYOS PARA EL CONTROL DE FRAGUADO

Determinación del tiempo de fraguado en la pasta de cemento

Se determina el tiempo de fraguado en la pasta de cemento mediante el aparato de Vicat.

Para poder realizar el ensayo de fraguado, se determina la consistencia normal del cemento con el mismo aparato.

El aparato Vicat debe consistir en un marco *A* (Fig. 1) que lleva una varilla móvil *B* (*sonda*), que pesa 300 g, un extremo *C*, el extremo del émbolo, que tiene 10 mm de diámetro para una distancia de al menos 50 mm, y teniendo el otro extremo una aguja removible *D*, de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud. La varilla *B* es reversible y se puede sujetar en cualquier

posición deseada mediante un tornillo de fijación *E*, y tiene un indicador ajustable *F*, que se mueve sobre una escala (graduada en milímetros) unida al marco *A*. La pasta se mantiene en un soporte rígido. Anillo cónico *G*, que descansa sobre una placa de base cuadrada plana no absorbente *H*, de unos 100 mm de cada lado

La varilla *B* debe estar hecha de acero inoxidable con una dureza de no menos de 35 HRC y debe ser recta con el extremo del émbolo perpendicular al eje de la varilla. El anillo debe estar hecho de un material no corrosivo y no absorbente, y debe tener un diámetro interior de 70 mm en la base y 60 mm en la parte superior, y una altura de 40 mm. Además de lo anterior, el aparato tiene la función de proporcionarnos la penetración lograda por una de sus agujas en cada una de las muestras utilizadas. (ASTM C- 187, 1998)

El aparato de Vicat debe cumplir los siguientes requisitos:

Peso de la sonda 300 – 0.5 gr

Diámetro del embolo 10 - 0.05 mm (para ensayo de consistencia normal)

Diámetro de la aguja 1 - 0.05 (para ensayo de tiempo de fraguado)

Diámetro interior de la base mayor del molde 70 - 3 mm

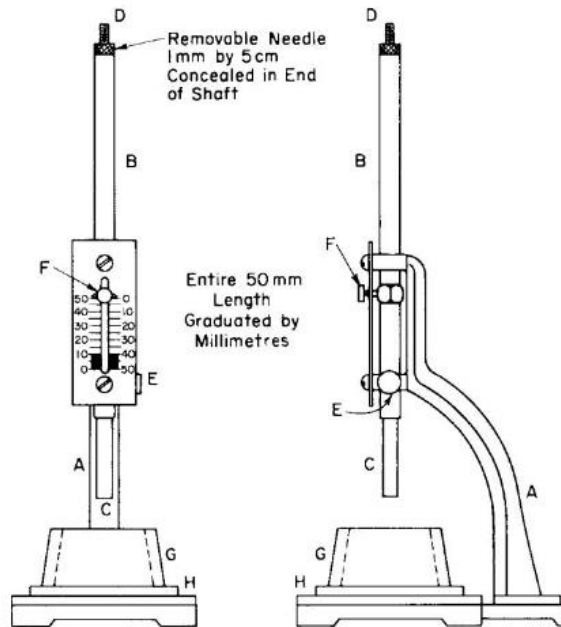
Diámetro interior de la base menor del molde 60 - 3 mm

Altura de molde 40 - 1mm

Nota. En la presente investigación se adaptó el aparato de Vicat automático a manual cumpliendo los requisitos de la norma ASTM C 187 Y ASTM C191.

Figura 1

Aparato de Vicat manual



Ref. Norma ASTM C – 187

Determinación del tiempo de fraguado en la mezclas de concreto por su resistencia a la penetración según norma ASTM C-403

Este método de ensayo cubre la determinación del tiempo de fraguado del concreto, con revenimiento mayor que cero, por medio de mediciones de resistencia a la penetración en mortero tamizado de la mezcla de hormigón.

Donde se obtiene una muestra de mortero tamizando representativa de hormigón fresco. El mortero se coloca en un recipiente y se almacena a una temperatura ambiente especificada.

Se mide la resistencia del mortero a la penetración de agujas estándar en intervalos de tiempo regulares y a partir de un gráfico de resistencia a la penetración vs al tiempo transcurrido, se determinan los tiempos de fraguado inicial y final. (ASTM C - 403, 1999)

Nota. En este trabajo no se realizó este ensayo por la limitante de falta de las aguas estándar. La razón por la cual solamente se hizo el control del fraguado con la norma ASTM C- 191 con el aparato de Vicat.

2.1.3.1.2. *Trabajabilidad*

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Quispe Villca, 2018).

Tabla 1

Consistencia de mezcla de hormigón (sin aditivos)

Consistencias	Asentamiento en cono el de Abrams, cm	Altura máxima de la capa, cm	Forma de compactación	Equipos*
Seca	0 a 2	30	Vibrado energético en taller	Mecánico de alta potencia
Plástica	3 a 5	30	Vibrado energético en obra	Mecánico corriente, especial o combinar
Blanda	6 a 9	50	Vibrado o apisonado	Manuales, Mecánico corriente, especial o combinar
Fluida	10 a 15	50	Picado con barra	Manual o especial
Líquida	≥ 16	-	(No apta para elementos resistentes)	-

* Los equipos mencionados corresponden a los siguientes:

1. Mecánico de alta potencia: vibrador externo, pisón mecánico, pisón de compresión, vibrocompresion, etc.
2. Mecánicos corrientes: vibrador de inmersión, vibrador superficial, etc.
3. Especiales: equipos de vacío, de centrifugado, etc.
4. Manuales: varillas, macetas, paletas, etc.

Fuente: (Quiroz & Salamanca, 2006)

Para medir la consistencia de las mezclas se utilizará la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrams, siguiendo la norma (NB 589; ASTM C143).

2.1.3.2. Propiedades en estado endurecido

2.1.3.2.1. Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante de un hormigón. Su determinación se efectúa mediante el ensayo de probetas, según métodos estandarizados

En la tabla 2, se presentan las definiciones de resistencia a la compresión utilizadas para el diseño estructural, según la NB, el EHE y la ACI.

Tabla 2

Criterios en base a la resistencia a la compresión según la NB, la EHE y la ACI.

CRITERIO	NB	EHE	ACI
Valor adoptado en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos, a este valor se aplican los coeficientes de seguridad prescritos por la norma*.	Resistencia característica de proyecto ó Resistencia especificada, fck	Resistencia característica de proyecto, fck	Resistencia Especificada, f'c

El 95% de los ensayos a compresión deben dar un valor de resistencia mayor a este, Los coeficientes de seguridad (γ_c) se presentan en

El artículo 15.3 de la norma EHE; Los factores de reducción de resistencia (ϕ) se presentan en la sección 9.3 de la ACI 318.

Fuente: (Quiroz & Salamanca, 2006)

Para los ensayos de compresión se suelen usar probetas cilíndricas donde la altura es el doble del diámetro de la base. Cuando el tamaño máximo del agregado es menor a 5cm (2") se utilizan cilindros de 15cm de diámetro por 30cm de altura, si se utiliza un agregado más grande, el diámetro del cilindro será por lo menos 3 veces el tamaño máximo del agregado. Se pueden utilizar moldes cilíndricos, prismáticos ó cúbicos, de distintas dimensiones, de acuerdo a lo especificado en la CBH 87. Deberá hacerse constar en estos casos, la forma y dimensiones del molde junto a los resultados de los ensayos. La resistencia a la compresión

se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma (NB 639) (ASTM C39) (Quiroz & Salamanca, 2006).

2.1.3.2.2. Evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del hormigón.

Se necesita un número suficiente de pruebas para indicar con precisión la variación de la resistencia del hormigón y permitir la aplicación de procedimientos estadísticos apropiados para interpretar los resultados de la prueba.

De acuerdo a lo establecido en el ACI 214, la cantidad para establecer la resistencia promedio (f_{cr}) requerida, tiene que estar representado por un grupo de al menos 30 ensayos para estimar la desviación estándar o el coeficiente de variación. Cuando el número disponible de resultados de ensayo es menor que 30, se necesita un enfoque más conservado para estimar la desviación estándar, permitiendo el registro de por lo menos, 15 ensayos como mínimo. Sin embargo, el valor de la desviación estándar de la muestra se debe incrementar en hasta 16% para tomar en cuenta la mayor incertidumbre en la desviación estándar de la población estimada.

Cuando existen de 15 a 30 resultados del ensayo de resistencia, la desviación estándar calculada se debe multiplicar por el factor de modificación de la tabla 3, para proporcionar estimaciones lo suficientemente conservadores

Tabla 3

Factor para incrementar la desviación estándar de acuerdo con el número de ensayos.

Número total de ensayos considerado	Factor para incrementar la desviación estándar de la muestra
15	1.16
20	1.08
25	1.03

30 o mas	1.00
----------	------

Nota: Se permite interpolar linealmente entre valores intermedios.

Fuente: ACI 301

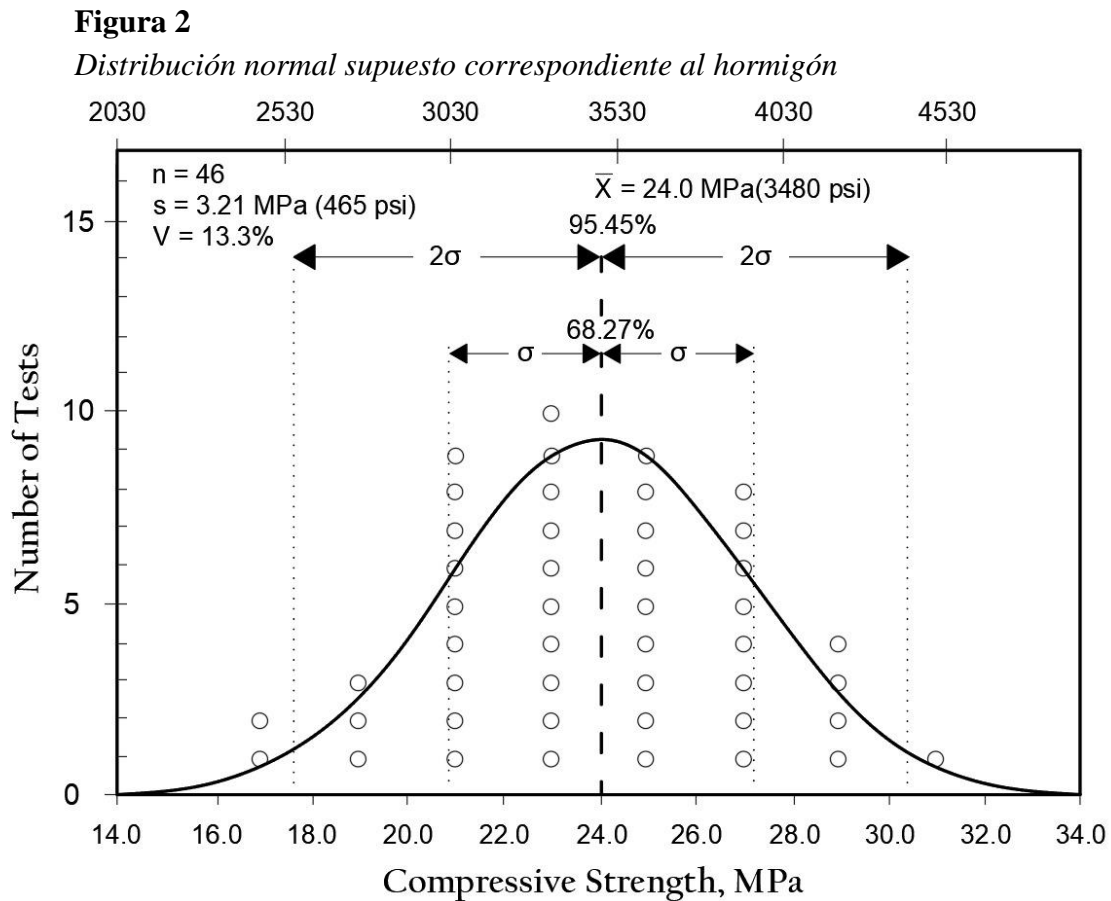
2.1.3.2.3. Funciones estadísticas

El resultado de los ensayos de resistencia, se supone que siguen una distribución normal. La

Fig.2 muestra la característica “curva en forma de campana” de la distribución normal. La

distribución normal se define de manera matemática por medio de dos parámetros

estadísticos: la media de la población μ y la desviación estándar σ .



Fuente: (ACI 214R-11)

Al evaluar las pruebas de resistencia del hormigón, no siempre se puede suponer una distribución normal. Una distribución normal es apropiada en la mayoría de los casos cuando la resistencia del concreto no excede los 10,000 psi (70 MPa).

La desviación estándar de los resultados obtenidos mediante ensayos de resistencia a compresión del hormigón, se la obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde S es la desviación estándar de la muestra; n es el número de los resultados del ensayo de resistencia en el registro; \bar{X} es la media de la muestra, X_i es el resultado del ensayo de resistencia.

Otro de los aspectos de control para la evaluación de los resultados de resistencias obtenida en los ensayos, son la variación de resistencia, una de ellas es la variación entre tandas las cuales se calculan por la variación dentro de la tanda con base a la diferencia en la resistencia media de los cilindros compañeros, que aunque se prefiere una muestra de más de 30 ensayos, la desviación estándar dentro de la tanda S_1 se puede estimar a partir del intervalo promedio \bar{R} de al menos 10 resultados del ensayo de resistencia de la misma edad. \bar{R} se divide entre el factor d_2 de la tabla 4 quedando así la siguiente formula:

$$S_1 = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Tabla 4

Factores para el cálculo de la desviación estándar dentro de la tanda (d_2).

No. de especímenes	d_2
2	1.128
3	1.693

4	2.059
---	-------

Fuente: (ACI 214R-11)

2.1.3.2.4. Normas de control por análisis estadístico

Un propósito principal de la evaluación estadística de los datos del hormigón es la identificación de fuentes de variabilidad. Este conocimiento se puede usar para determinar los pasos apropiados para mantener el control de calidad. Se pueden usar varias técnicas para detectar variaciones en la producción del hormigón, el procesamiento y el manejo de los materiales, y las operaciones de los ensayos. Un enfoque simple consiste en comparar la variabilidad general y la variabilidad dentro de la tanda utilizando la desviación o el coeficiente de variación, según sea apropiado.

La evaluación de los resultados de resistencia del hormigón mediante un análisis estadístico de los datos, están establecidos por la guía ACI 214 mediante una metodología de control donde se analizan la desviación estándar y el coeficiente de variación en función a las siguientes tablas.

Tabla 5

Estándares de control de la desviación estándar del lote de muestras hormigón $f'c' \leq 35$ MPa.

Clase de operación	Variación general				
	Desviación estándar de diferentes estándares de control (MPa)				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos generales de construcción	Por debajo de 2.8	2.8 a 3.4	3.4 a 4.1	4.1 a 4.8	Por encima de 4.8
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 1.4	1.4 a 1.7	1.7 a 2.1	2.1 a 2.4	Por encima de 2.4

Las variaciones de la desviación estándar dentro de los resultados del mismo lote pueden ser a causa de los siguientes factores:

- 1.- Variación en las características de los materiales de la mezcla
- 2.- Variaciones en las proporciones de los ingredientes de la mezcla

Fuente: (ACI 214R-11)

Tabla 6

Estándares de control del coeficiente de variación entre muestras hormigón $f'c' \leq 35 \text{ MPa}$

Variación dentro de la tanda					
Clase de operación	Coeficiente de variación de diferentes estándares de control, %				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos de control en obra	Por debajo de 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	Por encima de 6.0
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	Por encima de 5.0

Las variaciones del coeficiente de variación entre muestras dentro de un lote pueden ser a causa de los siguientes factores:

- 1.- Muestreo inadecuado de la muestra
- 2.- Condiciones deficientes (moldes de mala calidad)
- 3.- Diferencia en el curado (manejos bruscos)
- 4.- Variación en la prueba de resistencia (equipos no certificados)

Fuente: (ACI 214R-11)

2.1.3.2.5. CRITERIOS PARA LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA

Según la (ACI 214R-11) existen varios criterios que se pueden utilizar para garantizar que el desempeño de un hormigón cumpla con los requisitos específicos. En forma más simple, esto se hace al solicitar que la resistencia promedio requerida ($f'cr$) sea igual o mayor a la resistencia ($f'c$) especificada por un múltiplo, escogido para representar el porcentaje de ensayos que se permite sean defectuosos.

- Criterio 1.- Ningún resultado de prueba individual puede estar debajo de $f'c - 3.5 \text{ MPa}$.
- Criterio 2.- Todos los promedios de tres ensayos consecutivos sean igual o mayor que $f'c$
- Criterio 3.- La probabilidad de que se produzcan resultados bajos sea menor que 1% (1 en 100) que el mínimo de $f'c$ aceptable.

2.1.4. *Aditivos para el hormigón*

Según la Norma ASTM C 125 un aditivo “es un material que no sea agua, agregados, material cementoso hidráulico y refuerzo de fibra que se usa como ingrediente de una mezcla cementosa para modificar sus propiedades recién mezcladas, de fraguado o endurecimiento y que se agrega al lote antes o durante su mezcla”.

Las principales razones por las cuales se usan aditivos son:

1. Para reducir el costo de la fabricación del hormigón
2. Para modificar algunas propiedades en el hormigón de la manera más efectiva sin tomar otros medios.
3. Para asegurar la calidad del hormigón durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado en condiciones ambientales adversas.
4. Para superar ciertas eventualidades durante las operaciones de colado.

Según la norma ASTM C 494 los aditivos químicos que se agregan a la mezcla de hormigón de cemento hidráulico en el campo para el propósito o propósitos indicados para los 7 tipos y que a su vez cumplan los siguientes requisitos en la tabla 7

Tabla 7**Requisitos Físicos^A**

	Tipo A, Reductores de agua	Tipo B, Retardadores	Tipo C, Acelerantes	Tipo D, Reductor de agua y retardador	Tipo E, Reductor de agua y acelerante	Tipo F, Reductor de agua de alto rango	Tipo G, reductor de agua de alto rango y retardador
Contenido de agua, máx.,% de control	95	...	...	95	95	88	88
Tiempo de fraguado, permitido desviación del control, h:min:							
Inicial: al menos	...	1:00 más tarde	1:00 antes	1:00 más tarde	1:00 antes	...	1:00 más tarde
No más que	1:00 antes	3:30 más tarde	3:30 antes	3:30 más tarde	3:30 antes	1:00 antes	
	ni 1:30 luego					ni 1:30 luego	
Resistencia a la compresión, min,% de control ^B							
Día 1	...	...	...	...	...	140	125
Día 3	110	90	125	110	125	125	125
Día 7	110	90	100	110	110	115	115
Día 28	110	90	100	110	110	110	110
6 meses	100	90	90	100	100	100	100
1 año	100	90	90	100	100	100	100
Resistencia a la flexión, min. % de control ^B							
Día 3	100	90	110	100	110	110	110
Día 7	100	90	100	100	100	100	100
Día 28	100	90	90	100	100	100	100
Cambio de longitud, máx., contracción (alternativa requisito): ^C							
Porcentaje de control	135	135	135	135	135	135	135
Aumento sobre el control	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Durabilidad relativa Factor, min. ^D	80	80	80	80	80	80	80

^A Los valores de la tabla incluyen el margen para la variación normal en los resultados de las pruebas. El objetivo del requisito de resistencia a la compresión del 90 % para un aditivo tipo B requiere un nivel de rendimiento comparable al del hormigón de referencia.

^B La resistencia a la compresión y a la flexión del hormigón que contiene el aditivo ensayado a cualquier edad de ensayo no debe ser inferior al 90 % de la alcanzada en cualquier prueba anterior.

Edad de prueba El objetivo de este límite es exigir que la resistencia a la compresión o a la flexión del hormigón que contiene el aditivo bajo ensayo no disminuya con el tiempo.

^C Requisitos alternativos, consulte 17.1.4 de la norma astm c - 494, el % del límite de control se aplica cuando el cambio de longitud del control es 0,030 % o mayor; el aumento sobre el límite de control se aplica cuando la longitud el cambio de control es inferior al 0,030 %.

^D Este requisito se aplica solo cuando el aditivo se va a usar en concreto con aire incorporado que puede estar expuesto a congelación y descongelación mientras está húmedo.

Fuente: norma ASTM C 494

Por su función se los puede clasificar a los aditivos como:

Tabla 8

Clasificación de los aditivos para el hormigón

Tipo de aditivo	Efecto deseado	Origen de materiales
Acelerantes (ASTM C494)	Aceleran el fraguado y el desarrollo de la resistencia a edad temprana	Cloruro de calcio Trietanolamina, tiocianato de sodio, formato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio.
Exclusores de aire	Disminuyen el contenido de aire	Fosfato tributilo, italato dibutilo, alcohol octilo, esteres insolubles al agua de ácido carbónico y borico, silicones
Aditivos inclusores de aire (ASTM C260)	Mejoran la durabilidad en los ambientes que existe congelación-deshielo, productos químicos descongelantes, sulfatos, y reactividad a los álcalis mejoran la trabajabilidad	Sales de resinas de madera Algunos detergentes sintéticos Sales de lignina sulfonada Sales de ácido de petróleo Sales de material proteináceo Ácidos grasos y resinosos y sus sales Sulfatos de alquilbenceno Sales de hidrocarburos sulfonados
Reductores de reactividad con los álcalis	Reduce la expansión provocada por la reactividad con los álcalis	Puzolanas (ceniza volante, humo de sílice), escoria de alto horno, sales de litio y de bario, agentes inclusores de aire.
Aditivos para unir	Mejoran la unión	Hule, cloruro de polivinilo, acetato de polivinilo, acrílicos copolímeros de butadienoestireno.
Agentes colorantes	Hormigón con color	Negro de humo modificado, óxido de hierro, tierra de sombra, óxido de cromo, óxido de titanio, azul cobalto (ASTM C979)
Inhibidores de la corrosión	Reducen el avance de la corrosión del acero en un ambiente con cloruros	Nitrito de calcio, nitrito de sodio, benzoato de sodio, algunos fosfato o fluosilicatos, fluoaluminatos
Aditivos a prueba de humedad	Retardan la penetración de la humedad en el hormigón seco	Jabones de calcio o estearato de amonio u oleato Estearato butilo Productos de petróleo
Aditivos minerales finamente divididos		
Cementantes	Propiedades hidráulicas Sustitución parcial del cemento	Escoria de alto horno granulada molida (ASTM C989) Cemento natural Cal hidráulica hidratada (ASTM C141)
Puzolanas	Actividad puzolánica Mejoran la trabajabilidad, la plasticidad, la resistencia a los sulfatos; reduce la reactividad de los álcalis, la permeabilidad y el calor de hidratación Sustitución parcial del cemento Relleno	Tierras diatomáceas, horsteno opalinos, arcillas, pizarras tufas volcánicas, pumicita (ASTM C618, clase N); ceniza volante, (ASTM C 618, clases F y C), humo de sílice

Puzolanicos y cementantes	Los mismos que en las categorías de cementantes y puzolanicos Mejoran la trabajabilidad Relleno	Cenizas volantes con contenidos altos de calcio (ASTM C 618, clase C) Escoria de alto horno granulada molida (ASTM C989) Mármol, dolomita, cuarzo, granito.
Nominalmente inertes		
Fungicidas germicidas o insecticidas	Inhiben o controlan el crecimiento bacterias y hongos	Fenoles polihalogenados Emulsiones de dieldrin Compuestos de cobre
Formadores de gas	Provocan expansión antes de que se presente el fraguado	Polvo de aluminio Jabón de resina y goma vegetal o animal Saponina Proteínas hidrolizadas
Agentes para morteros (lechadas)	Ajustan propiedades de los morteros (lechadas) para aplicaciones específicas	Vea los aditivos inclusores de aire, acelerantes retardantes y agentes para trabajabilidad.
Impermeabilizantes	Disminuye la permeabilidad	Humo de sílice Cenizas volantes (ASTM C618) Escoria solida (ASTM C 989) Puzolanas naturales Reductores de agua látex
Ayudas de bombeo	Mejoran la capacidad de bombeo	Polímeros orgánicos y sintéticos Floculantes orgánicos Emulsiones orgánicas de parafina, alquitrán, asfalto, acrílicos Bentonitas y sílices pirogénicas Puzolanas naturales (ASTM C618, Clase N) Cenizas volantes (ASTM C618, clase F y C) Cal hidratada (ASTM C141)
Retardantes (ASTM C494, tipo B)	Retardan el tiempo de fraguado	Lignina Bórax Azucares Acido tartárico y sales
Superplastificantes* (ASTM C 1017, tipo 1)	Concreto con mayor fluidez Disminuye la relación agua-cemento	Condensados de formaldehido de melanina sulfonatados Condensados de formaldehido de naftaleno sulfonatados lignosulfonatados
Superplastificantes* y retardadores (ASTM C1017, tipo 2)	Hormigón con mayor fluidez y retardo en el fraguado Disminuyen la cantidad de agua	Vea los aditivos superplastificantes y también los reductores de agua
Reductores de agua (ASTM C494, tipo A)	Reducen la demanda de agua al menos un 5%	Lignosulfonatos Acidos caboxilicos Carbohidratos (también tienden a retardar el fraguado, por lo que a menudo se les agrega un acelerante)
Reductores de agua y acelerantes (ASTM C494, tipo E)	Reducen el agua (mínimo 5%) y aceleran el fraguado	Vea los aditivos reductores de agua, Tipo A (se agrega un acelerante)

Reductores de agua y retardantes (ASTM C494, tipo D)	Reducen el agua (mínimo 5%) y retardan el fraguado	Vea los aditivos reductores de agua, tipo A
Reductores de agua de alto rango (ASTM 494, tipo F)	Reducen la demanda de agua (mínimo 12%)	Vea los aditivos superplastificantes
Reductores de agua de alto rango y retardantes (ASTM C494, tipo G)	Reducen la demanda de agua (mínimo 12%) y retardan el fraguado	vea los aditivos superplastificantes y también los reductores de agua
Agentes para la trabajabilidad	Mejoran al trabajabilidad	Aditivos inclusores de aire Aditivos minerales finamente divididos, excepto el humo de sílice Reductores de agua

A los superplastificantes también se los conoce como reductores de agua de alto rango o plastificantes. Estos aditivos a menudo cubren simultáneamente las especificaciones ASTM C494 y ASTM C1017

Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tenesi, 2004)

2.1.4.1.1. *Aditivos retardantes*

Son productos químicos que retardan la velocidad de la reacción química del cemento y el agua, con ello los tiempos de endurecimiento se alargan y la plasticidad ofrece un periodo más largo para su manejo antes de la colocación

Los aditivos retardantes se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del hormigón. Las temperaturas altas en el concreto fresco, son frecuentemente, la causa de una gran velocidad en el endurecimiento, lo que provoca que el colocado y acabado del hormigón sea difícil.

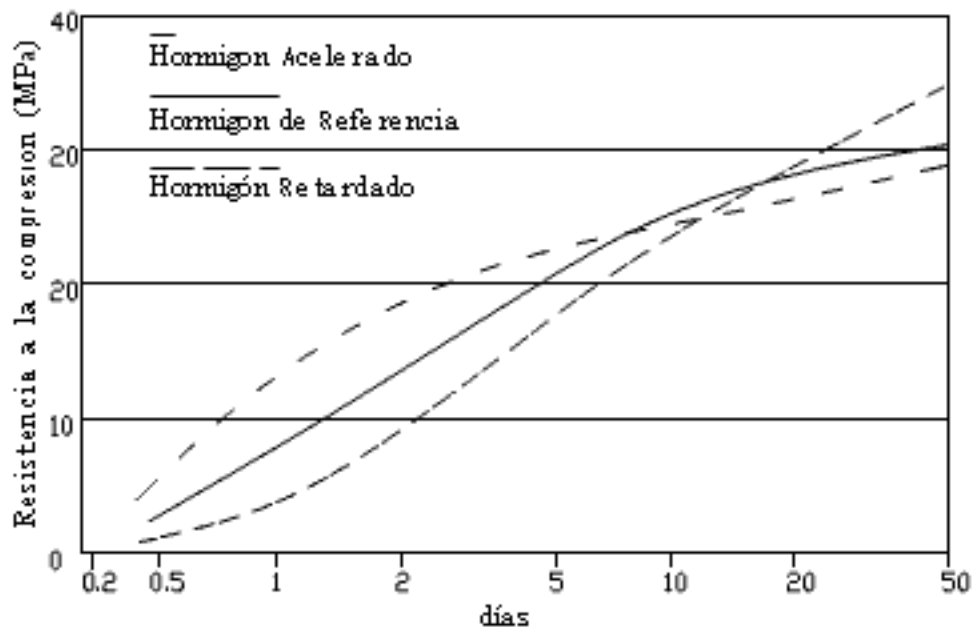
Los retardantes se emplean en ocasiones para: compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del hormigón, demorar el fraguado inicial del hormigón cuando se presentan condiciones de vaciado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al vaciar cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos petroleros, o bombear lechada o concreto a distancias considerables, o retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabado especiales,

como puede ser una superficie de agregado expuesto. Debido a que la mayoría de los retardantes también actúan como reductores de agua.

La aceleración o desaceleración del proceso de fraguado mediante aditivos o mediante cementos apropiados, además de afectar la velocidad de obtención de resistencia del hormigón a corto plazo, tiene efecto sobre la resistencia del hormigón a largo plazo. La aceleración inicial del proceso conduce a resistencias menores a largo plazo, pues el agua de curado tiene menor nivel de penetración por el endurecimiento del hormigón. En cambio, el retraso inicial del proceso determina resistencias mayores a largo plazo, pues el curado se vuelve más eficiente. (CRESPO, MARIELA VIVIAN QUIROZ; SALAMANCA OSUNA, LUCAS ESTEBAN; 2006)

Figura 3

Efecto de los retardadores y de los acelerantes en la resistencia



Fuente: *apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "tecnología del hormigón"*

2.1.4.1.2. *Mecanismo de acción del aditivo retardante*

Los aditivos retardantes actúan disminuyendo la hidratación del silicato tricálcico (C3S), siendo recubierto con un gel el C3S, el cual se encarga de impedir el fraguado del cemento. Esta capa de gel al no permitir la interacción entre el agua y el cemento evita la formación de la capa de cristales, lo que favorece un aprovechamiento máximo del cemento, permitiendo que se hidrate éste completamente e incremente su resistencia. (Safránez, 2019)

2.1.4.1.3. *La composición química de los aditivos retardantes*

Pueden ser sustancias inorgánicas solubles y orgánicas, tales como:

- Sustancias inorgánicas solubles: cloruro de aluminio, nitrato de calcio, cloruro de cobre, sulfato de cobre, cloruro de zinc, bórax, fosfatos, fluoruros, ácido fosfórico, ácido bórico, óxidos de zinc y plomo.
- Sustancias orgánicas: glucosa, sacarosa, almidón, celulosa, glicerina, hidroxicarboxílicos, lignosulfonatos con azúcares, aminas, aminoácidos, etc. (Manuel Fernandez Canovas, 1989)

La acción retardante la presentan la sacarosa, derivados de carbohidratos, sales solubles de zinc, boratos solubles y otras sales, el metanol también es un retardante (Tipo B de ASTM) se aplican más usualmente. Es necesario tener cuidado con la utilización de retardantes debido a que dichos aditivos tienen la posibilidad de inhibir plenamente el fraguado. Los efectos de la sacarosa están sujetas a la cantidad usada.

La sacarosa empleada de manera controlada con una pequeña cantidad (como el 0.05% de la masa del cemento) actuará como un retardante aceptable, El retraso del fraguado del concreto es aproximadamente 4 horas. El comportamiento del azúcar y de cualquier retardantes deberá determinar mediante pruebas con el cemento que se va a emplear en la construcción. (ESTELA SANTIAGO PATRICIO, 2011)

2.1.4.2. Aditivo natural – sacarosa

Una pequeña cantidad de sacarosa, de 0.03% a 0.15% del peso del cemento, normalmente retarda el fraguado del cemento. El límite superior de este rango varía respecto de los distintos cementos. La resistencia a 7 días puede verse reducida, en tanto que la resistencia a los 28 días podría aumentar. El azúcar en cantidades de 0.25% o más del peso del cemento puede provocar un fraguado rápido y una reducción sustancial de la Resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar afecta al tiempo de fraguado y a la resistencia de manera distinta. Menos de 500 ppm de azúcar en el agua de mezclado, generalmente no producen un efecto adverso en el desarrollo de la resistencia, pero si la concentración sobrepasa esta cantidad, se deberán realizar ensayos para Analizar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tenesi, 2004)

2.1.4.3. Sacarosa

La sacarosa es conocido como azúcar común o azúcar de mesa, La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, por lo tanto es un endulzante de origen natural, es una sustancia sólida y cristalizada constituida esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, obtenido a partir de la caña de azúcar y de la remolacha mediante procedimientos industriales apropiados, se encuentra englobada en lo que son los hidratos de carbono caracterizándose por tener un sabor dulce y por su solubilidad en el agua. En ámbitos industriales se usa la palabra azúcar o azúcares para designar los diferentes monosacáridos y disacáridos, que generalmente tienen sabor dulce, aunque por extensión se refiere a todos los hidratos de carbono.

Un grano de azúcar es entre 30% y 70% menor que el grano de arroz. (Guillén, 2017)

2.1.4.4. Composición química de la sacarosa

La sacarosa es conocido como azúcar, es un compuesto orgánico constituido de carbono, hidrógeno y oxígeno, que cumple la relación $C_n(H_2O)_n$, muchos de los azúcares se componen de 3 a 9 átomos de carbono, presentándose en forma de anillo único, doble o triple, llamándose monosacáridos, disacáridos y trisacáridos respectivamente. (Gaviña, s.f.)

2.1.4.5. Glucosa

La glucosa es el carbohidrato más abundante en la Tierra. Es un azúcar simple o monosacárido, de fórmula $C_6H_{12}O_6$, igual que la fructosa, por lo que ambos monosacáridos son isómeros entre sí, siendo muy importante desde el punto de vista nutricional y de la composición de los alimentos, dado que es la estructura utilizada para formar otros hidratos de carbono complejos. Además de encontrarla en el azúcar líquido invertido y jarabes invertidos, en proporción uno a uno con la fructosa, también se presenta como tal en estado cristalino en forma de dextrosa monohidrato o dextrosa anhidra y en forma líquida como jarabe de glucosa. Industrialmente se obtiene por hidrólisis del almidón o fécula, o de la inulina. Sin embargo su uso como edulcorante está limitado, pues siendo igualmente calórico que la sacarosa su poder edulcorante es mucho menor (Reyes & Maestra Nora Vasco, 2016)

2.1.4.6. Fructosa

Conocida como el azúcar de la fruta, la fructosa también es el azúcar predominante de la miel. Por su alto poder edulcorante, mayor que la sacarosa, pero metabolizada más lentamente que la glucosa, es ampliamente utilizada en productos para diabéticos. Sin embargo, es necesario educar al consumidor que aunque el alimento se declare como sin azúcar esto sólo hace referencia a la sacarosa, y que la fructosa que la sustituye sigue teniendo

igual poder calórico. Aparece junto a la glucosa en los azúcares invertidos y también se comercializa como fructosa en estado cristalino. (Reyes & Maestra Nora Vasco, 2016)

2.1.4.6.1. *Tipos de azúcar*

El azúcar se puede clasificar por su origen (de caña de azúcar o remolacha), pero también por su grado de refinación. Normalmente, la refinación se expresa visualmente a través del color (azúcar moreno, azúcar rubio, blanco), que está dado principalmente por el porcentaje de sacarosa que contienen los cristales. (Guillén, 2017)

2.1.4.6.2. *Azúcar morena*

También llamada azúcar prieta, azúcar negra o azúcar cruda; se obtiene del jugo de caña de azúcar y no se somete a refinación, solo cristalizado y centrifugado. Este producto integral debe su color a una película de melaza que envuelve cada cristal. Normalmente tiene 6,5 % de melaza y 93,5 % de sacarosa.

El producto es naturalmente húmedo debido a la naturaleza higroscópica de la melaza. (Guillén, 2017)

2.1.4.6.3. *Azúcar rubia*

Es menos oscuro que el azúcar morena y con un mayor porcentaje de sacarosa. El azúcar rubio incluye 3,5 % de melaza y 97,5 % de sacarosa, por esto es más claro que el azúcar morena. (Guillén, 2017)

2.1.4.6.4. *Azúcar blanco*

También denominado azúcar común, el azúcar sulfitado corresponde al nombre obtenido por los procesos químicos de decoloración con azufre. El azúcar refinado no tiene vitaminas,

minerales útiles, enzimas, micro elementos, fibra, proteínas grasas y ningún beneficio en la alimentación humana. Con un nivel del 99,5 % de sacarosa. (Guillén, 2017)

2.1.4.6.5. *Azúcar refinado o extra blanco*

Es altamente puro, es decir, entre 99,8 % y 99,9 % de sacarosa. El azúcar rubia se disuelve, se le aplican reactivos como fosfatos, carbonatos, cal para extraer la mayor cantidad de impurezas, hasta lograr su máxima pureza. En el proceso de refinamiento se desechan algunos de sus nutrientes complementarios, como minerales y vitaminas. (Guillén, 2017)

2.1.4.7. *Mecanismo de acción de la sacarosa en el proceso de hidratación del cemento*

Las moléculas de sacarosa, disueltas en el agua del amasado, se fijan por absorción, (posiblemente entre enlaces de hidrogeno) en la superficie de los contribuyentes mineralógicos de los granos de cemento, por su grupo hidrófilo, mientras que el grupo hidrófobo queda orientado en la parte exterior, en contacto con la fase acuosa. Podemos suponer a la molécula absorbida de sacarosa.

Es decir que los granos de cemento quedarían bloqueados por una película hidrófoba que produciría los siguientes efectos:

Aislaría, siquiera durante algún tiempo, los granos de cemento del agua, lo que “retardaría” las reacciones iniciales de hidratación del cemento, es decir, el fraguado.

Disminuiría la mojabilidad de los granos de cemento, lo que, dado su gran desarrollo superficial, representaría una disminución notable del agua absorbida y por tanto un aumento del agua libre, que produce una mayor lubricación, aumentando por lo consiguiente la docilidad.

Individualizaría los granos y por lo tanto, originaría una mejor dispersión y mezcla del cemento en el hormigón, lo que podría explicar los importantes aumentos de resistencia, a partir de cierta edad, producidos por la adición de pequeñas cantidades de sacarosa, que sobre pasan a los aumentos previsibles debidos a la reducción de la relación agua/cemento. (RUIZ, 1963)

CAPITULO III

3. MARCO APLICATIVO

3.1.DISEÑO METODOLOGICO

3.1.1. *Enfoque, tipo y nivel de investigación*

3.1.1.1. *Enfoque de investigación*

Cuantitativo.

3.1.1.2. *Tipo de investigación*

Descriptivo-experimental

3.1.1.3. *Nivel de investigación*

Cuasi experimental

3.1.2. *Población y muestra del estudio*

3.1.2.1. *Población*

El diseño de mezcla del hormigón se hará con cemento portland IP 30 de la marca peruana YURA.

3.1.2.2. *Muestra*

Tabla 9

Muestra de los tipos de porcentajes evaluados

Descripción	Porcentajes de sacarosa
Hormigón de control	0 %
Hormigón con aditivo	0.03%
Hormigón con aditivo	0.06%
Hormigón con aditivo	0.15%

Nota. Porcentaje respecto al peso del cemento

Fuente: Elaboración propia

3.2. DETERMINAR LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO MEDIANTE NORMA ASTM C - 187 (NB 062:1995)

Con este método se determina la plasticidad o manejabilidad de la pasta en relación con la cantidad de agua de amasado, utilizando el aparato de Vicat. En este ensayo se determina la consistencia normal del cemento hidráulico o cantidad de agua requerida para preparar pastas de cemento para posteriores ensayos, por lo cual se convierte en un requisito para la determinación de los tiempos de fraguado del cemento.

3.2.1. *Condiciones de temperatura*

Temperatura ambiente del Área de trabajo, herramientas, el cemento seco, los moldes y las placas base debe mantenerse entre 20 y 27,5 °C (68 y 81,5 °F). La temperatura del agua de mezcla no debe variar de 23,0 °C (73,5 °F) más menos ± 2 °C (3,5 °F) y La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor de 50%.

3.2.2. *Materiales, equipo y accesorio*

3.2.2.1. *Materiales*

Cemento portland IP 30 de la marca peruana Yura

Agua de red publica

3.2.2.2. *Equipo*

Aparato automático de Vicat de la marca master (utilizada de manera manual)

Cronómetro con precisión de 0.01 Seg. (Cronometro del celular)

Termómetro de mercurio

Balanza con precisión de 0.01 g

Probeta de 500ml

3.2.2.3. *Accesorios*

Recipiente de acero inoxidable

Guantes de látex

Espátula de acero inoxidable

Figura 4

Equipo de aparato de Vicat y accesorios



Fuente: Elaboración propia

Nota: la imagen de la izquierda muestra el equipo Vicat automático, pero para los procesos investigativos de la presente tesis se le dio uso de forma manual, para lo cual se verificó el cumplimiento de los pesos y dimensiones de los accesorios que solicita según norma astm C 187, Para el ensayo con el equipo Vicat manual.

3.2.3. *procedimiento del ensayo*

Pesamos 500 gr. De cemento y la ponemos en un recipiente o una superficie no absorbente.

Medimos en la probeta una cantidad de agua previamente puesta en condiciones normales.

Hacer una especie de cráter con el cemento y vertir la cantidad de agua lentamente y con ayuda de una espátula debemos mantener el agua dentro del cráter todo este proceso debe hacerse en un lapso de 30 segundos.

Concluido el paso anterior dejar reposar la muestra con agua otros 30 segundos.

Luego se termina la operación mezclando y amasando con las manos, de manera continua y vigorosamente durante 90 segundos, dejar reposar por 60 segundos. En este último paso y en el siguiente, el operador debe usar guantes de caucho bien ajustados.

La pasta de cemento preparada se moldea con las manos dándole forma esférica, luego dejar reposar 60 segundos

Se lanza 6 veces de una mano a otra a través de una distancia de unos 150 mm (6").

Con la muestra que permanece en una mano se llena completamente por la base mayor el molde, sostenido en la otra, quitando el exceso en esta base con un solo movimiento de la palma de la mano. Se coloca la placa de vidrio sobre la base mayor, se voltea el conjunto y con ayuda de un palustre se quita el exceso en la base menor. Finalmente, el conjunto se sacude suavemente.

Durante estas operaciones se debe tener cuidado de no comprimir la muestra.

Figura 5

Preparación de materiales para el ensayo de consistencia



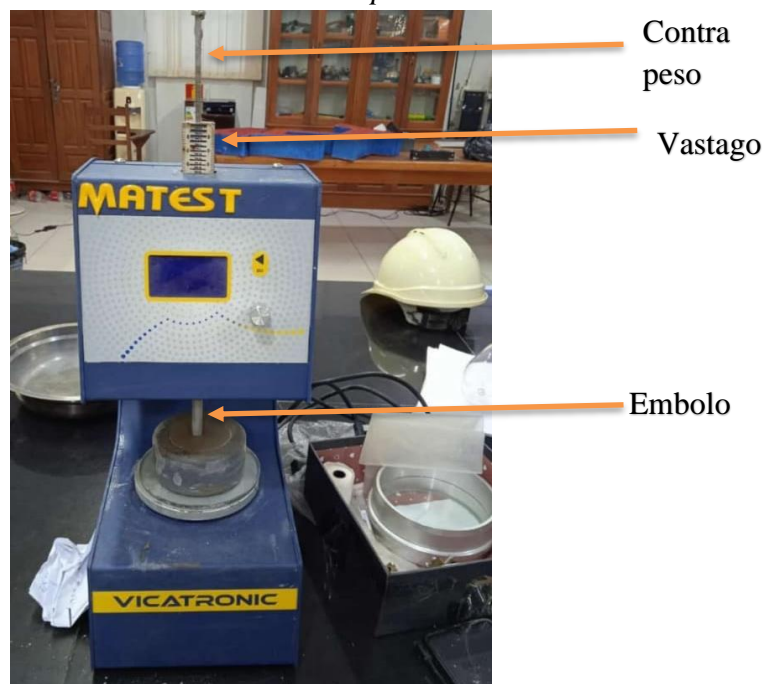
Fuente: Elaboración propia

3.2.4. *Determinación de la consistencia normal.*

El conjunto constituido por la placa de vidrio, la pasta y el molde se lleva al aparato y se centra debajo del vástago, se hace descender el mismo hasta que el extremo del émbolo, haga contacto con la superficie de la pasta. Se lee la posición inicial del índice en la escala; 30 segundos después de terminada la mezcla, se suelta el vástago cuidando que el aparato no esté sometido a ninguna vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene consistencia normal cuando el embolo penetra 10 ± 1 mm, 30 segundos después de haber sido soltado. Si no se obtiene la consistencia normal en el primer ensayo, debe repetirse toda la operación, variando la cantidad de agua, hasta obtenerla; cada vez hay que emplear cemento nuevo.

Figura 6

Aparato de Vicat automático adaptado a manual



Nota. La sonda está conformada por el embolo, el vástago y el contra peso, donde en conjunto pesan 300 ± 0.05 g como especifica la norma ASTM C187

Figura 7

Determinación de consistencia normal



Fuente: Elaboración propia

3.2.4.1. Cálculo

Calcular la cantidad de agua necesaria para el normal consistencia al 0.1 % más cercano e informarlo al más cercano 0,5 % del peso del cemento seco.

$$\%CN = \frac{vol H_2O}{w cemento} \times 100\%$$

Se determinó la cantidad de agua necesaria como se observa en la tabla 10.

Tabla 10
consistencia normal del cemento portland (YURA)

N°	Peso del cemento (gr)	Cantidad de agua (ml)	Penetración (mm)	Consistencia normal (%)
1	500	125	1	25%
2	500	150	2	30%
3	500	175	26	35%
4	500	162	13	32.4%
5	500	160	10.5	32%
6	500	159	9	31.8%

Fuente. Elaboración propia

3.3. DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO INCORPORANDO AL MISMO SACAROSA, COMO ADITIVO RETARDADOR DEL FRAGUADO SEGÚN LA NORMA ASTM C191 (NB 063:1995) CON EL APARATO DE VICAT.

El fraguado consiste en el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad de una pasta de cemento.

Fraguado inicial: inicio de las reacciones de los compuestos con el agua.

Se caracteriza por:

- La pérdida de plasticidad.
- Aumento brusco de la viscosidad de la pasta.
- Aumento de temperatura.
- Pasta semidura (deformable a pequeñas cargas)
- Parcialmente hidratada

Fraguado final: cuando la pasta deja de ser deformable para pequeñas cargas y se torna un bloque rígido.

Tiempo de fraguado inicial: tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta el momento que empieza la pérdida de plasticidad.

Tiempo de fraguado final: tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta que deja de ser deformable con cargas pequeñas.

3.3.1. *Condiciones de temperatura*

Temperatura ambiente del Área de trabajo, herramientas, el cemento seco, los moldes y las placas base debe mantenerse entre 20 y 27,5 °C (68 y 81,5 °F). La temperatura del agua de

mezcla no debe variar de 23,0 °C (73,5 °F) más menos ± 2 °C (3,5 °F) y La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor de 50%.

La cámara húmeda donde reposara la muestra, deberá mantener una húmeda, no menor a 90 %

3.3.2. *Materiales, equipo y accesorio*

3.3.2.1. *Materiales*

Cemento portland IP 30 de la marca peruana Yura

Agua de la red publica

3.3.2.2. *Equipo*

El equipo utilizado para el ensayo son los siguientes:

- Aparato automático de Vicat de la marca master (utilizada de manera manual)
- Cronómetro con precisión de 0.01 Seg. (Cronometro del celular)
- Termómetro de mercurio
- Balanza con precisión de 0.01 g
- Probeta de 500ml

3.3.2.3. *Accesorio*

- Recipiente de acero inoxidable
- Guantes de látex
- Espátula de acero inoxidable
- Tanque de agua pequeño (servirá como cámara húmeda)

3.3.3. *Procedimiento*

3.3.3.1. *Preparación de la pasta*

Se prepara la pasta de consistencia normal y se efectúa el llenado del molde según norma ASTM C 187 (NB 062-95). El molde con la pasta de cemento debe permanecer durante 30 minutos en la cámara húmeda, Pasado este período se comienza el ensayo. La pasta de cemento debe sacarse únicamente de la cámara húmeda para las determinaciones del tiempo de fraguado. La muestra debe permanecer en el molde, soportada por la placa de vidrio, durante todo el periodo de ensayo.

Figura 8

Preparación de la pasta



Fuente: Elaboración propia

NOTA. La sacarosa se añadió en el agua antes de la preparación de la pasta. Dándole 1 min de tiempo para que esta se diluya y así se pueda tener una distribución homogéneamente en la pasta de cemento.

3.3.3.2. *Determinación de tiempo de fraguado*

La muestra usada para determinar el tiempo de fraguado, debe mantenerse dentro de la cámara húmeda durante 30 minutos después del moldeo sin que sufra ninguna alteración. Debe determinarse la penetración de la aguja de 1 mm en ese instante y luego debe repetirse cada 15 minutos (para cementos de tipo 3 debe repetirse cada 10 minutos), hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos. Para el ensayo de penetración debe hacerse descender la sonda, hasta que el extremo haga contacto con la superficie de la pasta de cemento. Dejando caer por gravedad la sonda, dejando que la aguja penetre durante 30 segundos, momento en el cual debe tomarse la lectura para determinar la penetración. Las penetraciones deben estar separadas por lo menos 6 mm (") Entre si y 10 mm (") Del borde interior del molde.

Figura 9
Determinación del tiempo de fraguado



Fuente: Elaboración propia

Se elaboraron 4 muestras de pasta de cemento, de las cuales una es la muestra patrón (sin sacarosa) y las demás son añadiendo 3 porcentajes diferentes con aditivo orgánico de sacarosa, los cuales se presentan a detalle en las siguientes tablas.

Tabla 11

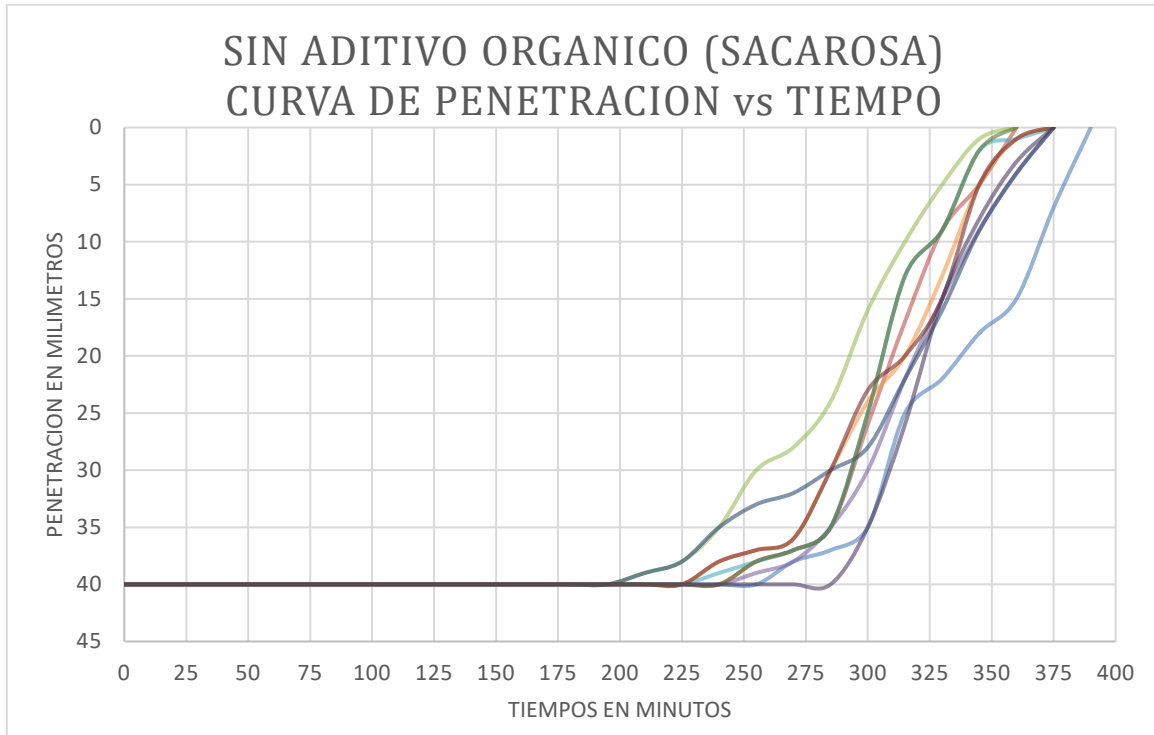
Tiempo de fraguado de pasta de cemento sin aditivo orgánico (sacarosa)

TIEMPO (MIN.)	PENETRACION (mm)									
	1ro	2do	3ro	4to	5to	6to	7mo	8vo	9no	10mo
0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
45	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
90	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
105	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
120	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
135	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
150	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
165	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
180	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
195	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
210	40	40	39	40	40	40	39	40	40	40
225	40	40	38	40	40	40	38	40	40	40
240	40	40	35	40	39	38	35	38	40	40
255	40	38	30	39	38	37	33	37	38	40
270	38	37	28	38	37	36	32	36	37	40
285	37	35	24	35	35	30	30	30	35	40
300	35	26	16	30	25	24	28	23	25	35
315	25	17	10	22	13	20	22	20	13	26
330	22	9	5	15	9	13	16	15	9	15
345	18	5	1	9	2	5	9	5	2	8
360	15	0	0	4	1	1	4	1	0	3
375	7			0	0	0	0	0		0
390	0									

Fuente. Elaboración propia

Figura 10

Tiempo de fraguado de pasta de cemento sin aditivo orgánico (sacarosa)



Fuente. Elaboración propia

Tabla 12

Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.03% de sacarosa

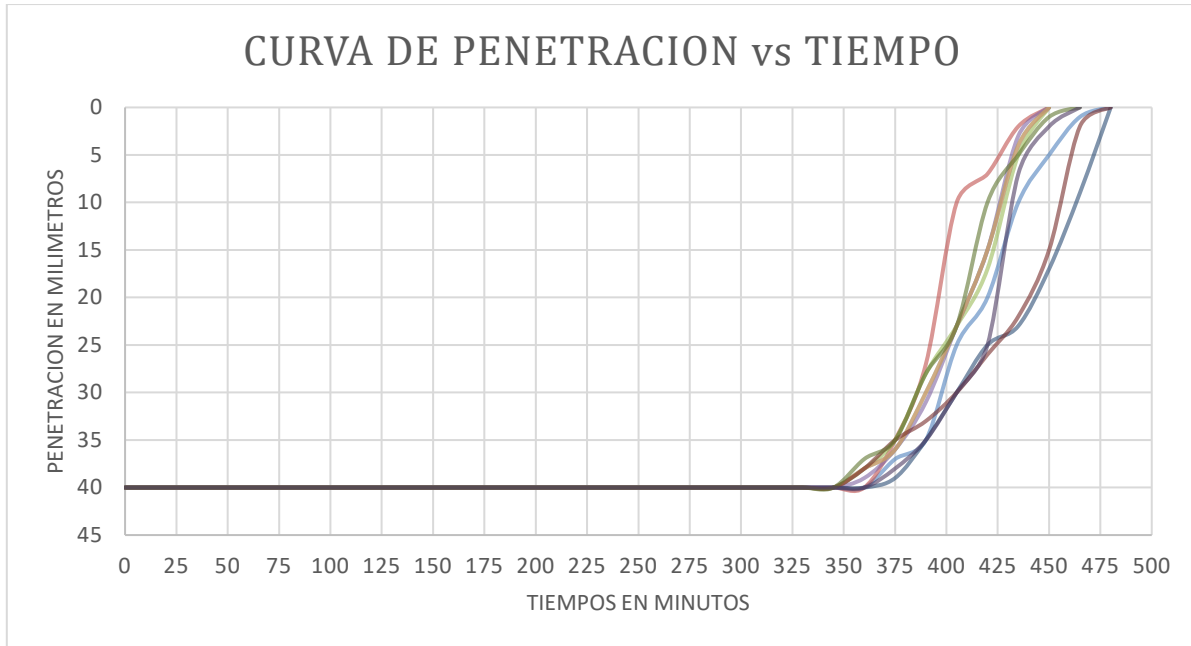
TIEMPO (MIN.)	PENETRACION (mm)									
	1ro	2do	3ro	4to	5to	6to	7mo	8vo	9no	10mo
0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
45	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
90	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
105	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
120	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
135	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

150	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
165	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
180	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
195	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
210	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
225	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
240	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
255	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
270	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
285	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
300	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
315	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
330	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
345	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
360	40	40	38	39	40	38	40	38	37	40
375	37	35	35	36	38	36	39	35	35	38
390	35	27	28	31	35	30	35	33	28	35
405	25	10	23	23	28	23	30	30	23	30
420	20	7	17	15	23	15	25	26	10	25
435	10	2	5	3	10	4	23	22	5	7
450	5	0	0	0	1	0	17	15	1	2
465	1				0		9	2	0	0
480	0						0	0		

Fuente. Elaboración propia

Figura 11

Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.03 % de sacarosa.



Fuente. Elaboración propia

Tabla 13

Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.06% de sacarosa

N°	TIEMPO (MIN.)	PENETRACION (mm)									
		1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}	7 ^{mo}	8 ^{vo}	9 ^{no}	10 ^{mo}
1	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
2	15	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
3	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
4	45	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
5	60	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
6	75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7	90	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
8	105	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
9	120	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10	135	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
11	150	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
12	165	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
13	180	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
14	195	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15	210	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
16	225	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

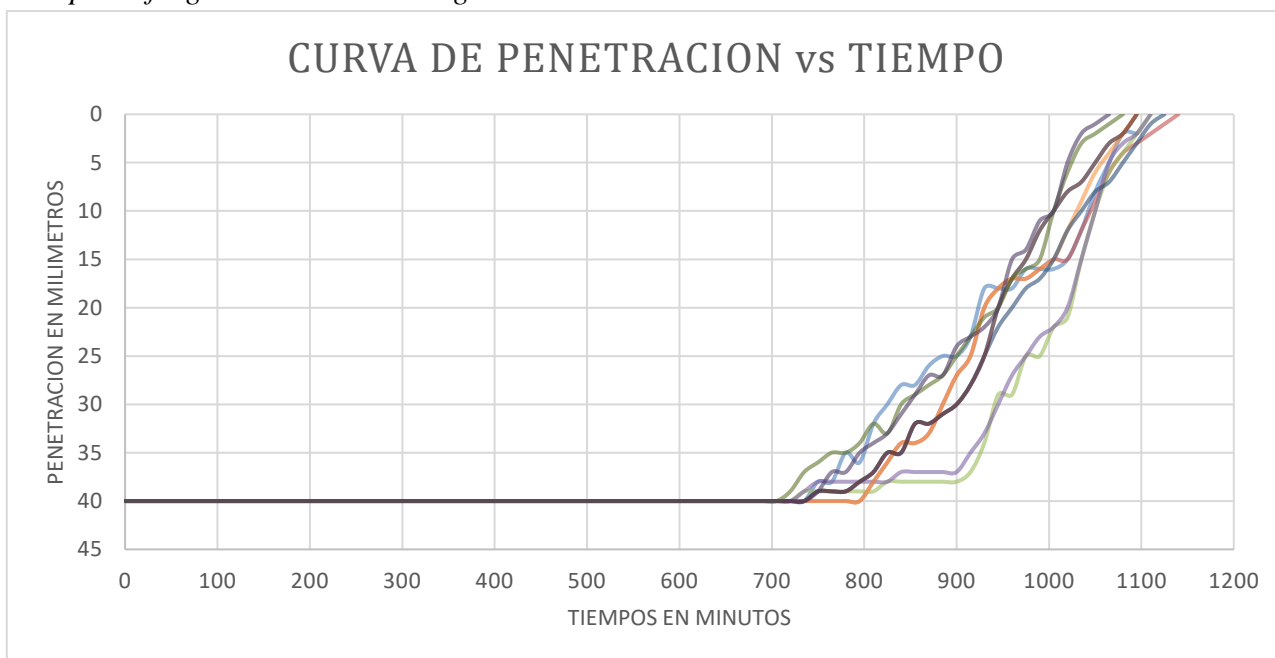
17	240	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
18	255	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
19	270	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
20	285	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	300	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
22	315	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
23	330	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
24	345	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
25	360	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
26	375	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
27	390	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
28	405	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
29	420	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30	435	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
31	450	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
32	465	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
33	480	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
34	495	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
35	510	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
36	525	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
37	540	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
38	555	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
39	570	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	585	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	600	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
42	615	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
43	630	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
44	645	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
45	660	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
46	675	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
47	690	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
48	705	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
49	720	40	40	40	40	40	40	40	40	39	40
50	735	40	40	39	39	40	40	40	40	37	40
51	750	38	40	39	38	39	40	39	39	36	39
52	765	38	40	39	38	39	40	39	39	35	37
53	780	35	40	39	38	39	40	39	39	35	37
54	795	36	40	39	38	38	40	38	38	34	35
55	810	32	38	39	38	37	38	37	37	32	34
56	825	30	36	38	38	35	36	35	35	33	33
57	840	28	34	38	37	35	34	35	35	30	31
58	855	28	34	38	37	32	34	32	32	29	29
59	870	26	33	38	37	32	33	32	32	28	27
60	885	25	30	38	37	31	30	31	31	27	27
61	900	25	27	38	37	30	27	30	30	25	24

62	915	23	25	37	35	28	25	28	28	23	23
63	930	18	20	34	33	25	20	25	25	21	22
64	945	18	18	29	30	20	18	22	20	20	20
65	960	18	17	29	27	17	17	20	17	17	15
66	975	16	17	25	25	15	17	18	15	16	14
67	990	16	16	25	23	12	16	17	12	15	11
68	1005	16	15	22	22	10	15	15	10	10	10
69	1020	15	15	21	20	8	12	12	8	6	5
70	1035	12	12	15	15	7	9	10	7	3	2
71	1050	8	9	10	10	5	6	8	5	2	1
72	1065	5	6	6	5	3	4	7	3	1	0
73	1080	2	4	4	3	2	2	5	2	0	
74	1095	2	3	2	2	0	0	3	0		
75	1110	1	2	0	0			1			
76	1125	0	1					0			
77	1140		0								

Fuente. Elaboración propia

Figura 12

Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.06% de sacarosa



Fuente. Elaboración propia

Tabla 14*Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.15 % de sacarosa*

TIEMPO (MIN.)	PENETRACION (mm)									
	1 ^{ro}	2 ^{do}	3 ^{ro}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}	7 ^{mo}	8 ^{vo}	9 ^{no}	10 ^{mo}
0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
15	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
45	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
90	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
105	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
120	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
135	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
150	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
165	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
180	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
195	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
210	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
225	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
240	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
255	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
270	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
285	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
300	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
315	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
330	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
345	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
360	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
375	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
390	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
405	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
420	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
435	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
450	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
465	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
480	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
495	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
510	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
525	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
540	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
555	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
570	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
585	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
600	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

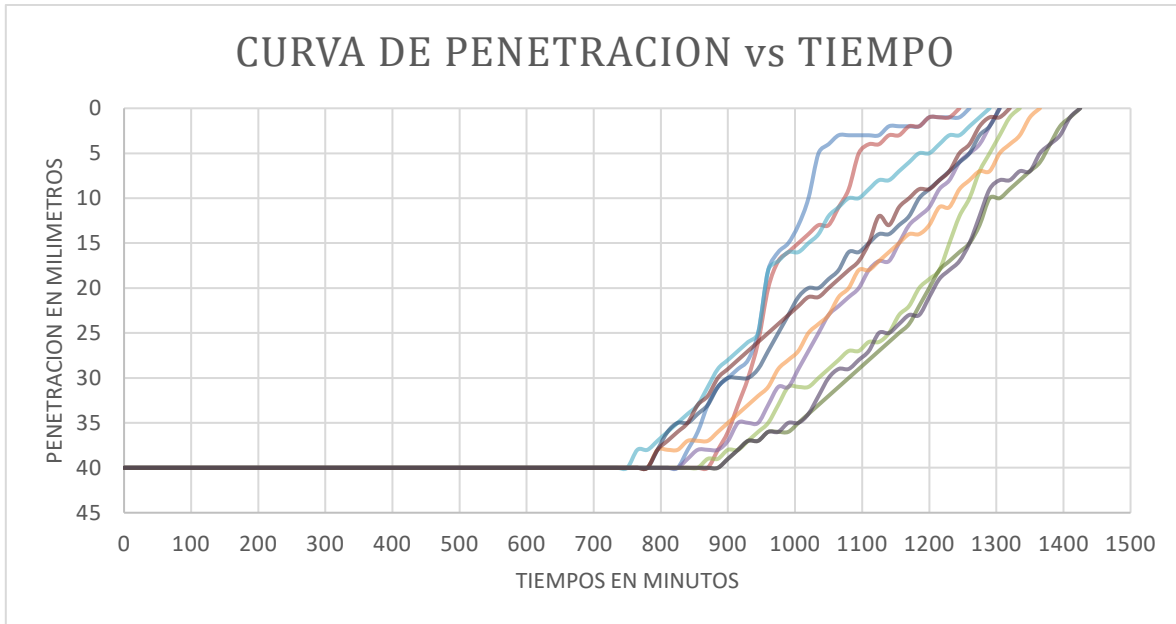
615	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
630	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
645	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
660	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
675	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
690	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
705	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
720	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
735	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
750	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
765	40	40	40	40	38	40	40	40	40	40
780	40	40	40	40	38	40	40	40	40	40
795	40	40	40	40	37	38	38	38	40	40
810	40	40	40	40	36	38	36	37	40	40
825	40	40	40	40	35	38	35	36	40	40
840	38	40	40	39	34	37	35	35	40	40
855	36	40	40	38	33	37	34	33	40	40
870	33	40	39	38	31	37	33	32	40	40
885	31	38	39	38	29	36	31	30	40	40
900	30	36	38	37	28	35	30	29	39	39
915	29	33	38	35	27	34	30	28	38	38
930	28	30	37	35	26	33	30	27	37	37
945	25	26	36	35	25	32	29	26	37	37
960	18	20	35	33	18	31	27	25	36	36
975	16	17	33	31	17	29	25	24	36	36
990	15	16	31	31	16	28	23	23	36	35
1005	13	15	31	29	16	27	21	22	35	35
1020	10	14	31	27	15	25	20	21	34	34
1035	5	13	30	25	14	24	20	21	33	32
1050	4	13	29	23	12	23	19	20	32	30
1065	3	11	28	22	11	21	18	19	31	29
1080	3	9	27	21	10	20	16	18	30	29
1095	3	5	27	20	10	18	16	17	29	28
1110	3	4	26	18	9	18	15	15	28	27
1125	3	4	26	17	8	17	14	12	27	25
1140	2	3	25	17	8	16	14	13	26	25
1155	2	3	23	15	7	15	13	11	25	24
1170	2	2	22	13	6	14	12	10	24	23
1185	2	2	20	12	5	14	10	9	22	23
1200	1	1	19	11	5	13	9	9	20	21
1215	1	1	18	9	4	11	8	8	18	19
1230	1	1	15	8	3	11	7	7	17	18
1245	1	0	12	6	3	9	6	5	16	17
1260	0		10	5	2	8	5	4	15	15
1275			7	4	1	7	3	2	13	12
1290			5	2	0	7	2	1	10	9
1305			3	0		5	0	1	10	8
1320			1			4		0	9	8
1335			0			3			8	7
1350						1			7	7

1365						0			6	5
1380									4	4
1395									2	3
1410									1	1
1425									0	0

Fuente. Elaboración propia

Figura 13

Tiempo de fraguado con aditivo orgánico de 0.15% de sacarosa.



Fuente. Elaboración propia

3.3.3.3. Precauciones

Todo el aparato debe estar libre de vibraciones durante la prueba de penetración. Se debe tener cuidado de mantener la aguja recta, y la aguja debe mantenerse limpia sin acumulación de cemento en los lados de la aguja puede retardar la penetración, mientras que el cemento en la punta puede aumentar la penetración. El tiempo de fraguado se ve afectado no sólo por el porcentaje y la temperatura del agua utilizada y la cantidad de amasado de la pasta recibida, sino también por la temperatura y humedad del aire del ambiente, y su determinación es por lo tanto sólo aproximada.

3.4.DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS SEGÚN NORMA ASTM

3.4.1. *Práctica estándar para muestreo de agregados ASTM D-75.*

Este método de ensayo presenta las técnicas del muestreo de los agregados gruesos y finos. Las muestras de campo están relacionadas con el tipo y el número de ensayos a los que el material será sometido.

3.4.1.1. *Definiciones:*

Agregado grueso. - Agregado predominantemente retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4)

Agregado fino. - Agregado que pasa el tamiz de 9,5 mm y pasa casi por completo el tamiz de 4,75 mm (núm. 4) y predominantemente retenido en el tamiz de 75 μ m (núm. 200).

Tamaño máximo del agregado. - La malla del tamiz más pequeño por donde pasa la totalidad de la muestra del agregado.

Tamaño máximo nominal del agregado. - Es el menor tamiz por el cual la mayor parte de la muestra de agregado grueso debe pasar. El tamiz del tamaño máximo nominal puede retener del 5% al 15% de la masa.

3.4.1.2. *Muestreo desde pilas de almacenamiento:*

Para el muestreo del agregado grueso se obtuvo tres incrementos, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo de la pila.

Para el muestreo del agregado fino se tomó la muestra que se encuentra bajo el material segregado, en tres lugares aleatorios.

Las pruebas de control y aceptación estándar están cubiertas por las normas ASTM y especifican la porción de la muestra de campo requerida para cada prueba específica. En

términos generales, las cantidades especificadas en la Tabla 15, proporcionarán material adecuado para la clasificación de rutina y el análisis de calidad

Tabla 15

Tamaño de muestras para agregados según ASTM D-75

Tamaño agregado ^A	Masa de muestra de campo, min, kg ^B
Agregado fino	
2,36 mm (No 8)	10
4,76 mm (No 4)	10
Agregado grueso	
9,5 mm (3/8")	10
12,5 mm (1/2")	15
19 mm (3/4")	25
25 mm (1")	50
37,5 mm (1 1/2")	75
50 mm (2")	100
63 mm (2 1/2")	125
75 mm (3")	150
90 mm (3 1/2")	175

^A Para agregados procesados, use el tamaño máximo nominal como lo indica la especificación o descripción apropiada. Si la especificación o descripción no indica un tamaño máximo nominal (por ejemplo, un tamaño de tamiz que indica un paso del 90-100 %), utilice el tamaño máximo (ese tamiz que indica un paso del 100 %).

^B Para agregados gruesos y finos combinados (por ejemplo, agregado base o sub base), el peso mínimo debe ser la masa mínima del agregado grueso más 10 kg.

Fuente: ASTM D-75

3.4.1.3. Transporte y almacenamiento:

Se procede al transporte de los agregados en bolsas u otros contenedores contruidos de tal manera que impidan la pérdida o contaminación de cualquier parte de la muestra, o daños al contenido por mal manejo durante el envío y almacenamiento.

3.4.1.4. Procedimiento:

Tipo de muestra. - para la presente investigación se utilizó como agregado fino al Polvo de brita de procedencia del Brasil y la arena fina del río Acre, como agregado grueso se utilizó

piedra triturada proveniente del Brasil en fracciones de tamaño individual, 3/4" (brita 1), 5/8" (brita 5/8"), 3/8" (brita cero).

Figura 14

Agregados utilizados en la investigación.



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.5. Acopio de materiales:

Se procedió al acopio de los materiales en instalaciones del laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales de la Universidad Amazónica de Pando, almacenando los mismos en bolsas, previo registro del tamaño y procedencia de cada lote de ellos.

Figura 15

Almacenamiento de Agregados utilizados en la investigación.



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. *Práctica estándar para reducción de las muestras de agregado a tamaño de prueba ASTM C-702*

Se reduce la muestra obtenida en campo, a un tamaño conveniente para realizar la cantidad de ensayos necesarios, que describan el material y la calidad, de manera que la porción más pequeña de la muestra tenga más probabilidad en representar a la muestra más grande y así al total aportado.

La práctica estándar para reducción de las muestras de agregados ASTM C-702, cubren tres métodos para la reducción de muestras de agregados a tamaños apropiados para ensayos, empleando técnicas que intenten minimizar las variaciones en la medición de las características entre los especímenes, estos tres métodos son las siguientes:

- Método A: divisor mecánico.
- Método B: descuarte (método adoptado para la presente investigación).
- Método C: muestreo de existencias en miniatura (únicamente agregado fino húmedo).

3.4.2.1. *Herramientas:*

- pala.
- Llana de borde recto.
- Escoba.

3.4.2.2. *Procedimiento:*

Método B (descuarte). - Coloque la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada donde no haya pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezcle bien el material volteando la muestra entera tres veces. Con el último volteo, palee toda la muestra en una pila cónica depositando cada palada encima de la anterior. Con cuidado, aplane completamente la pila cónica hasta lograr un grosor y un diámetro uniformes

presionando el vértice con una pala para que cada cuarto sector de la pila resultante contendrá el material originalmente en él. El diámetro debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Divida la masa aplanada en cuatro cuartos iguales con una pala o llana y retire dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino, y cepille los espacios despejados. Mezcle y corte en cuartos sucesivamente el material restante hasta que la muestra se reduzca al tamaño deseado.

Figura 16

Cuarqueo agregado grueso "Método B" ASTM C-702.



Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Método de ensayo. determinación por lavado del material que pasa por tamiz 0,075 μm (no. 200) en minerales ASTM C117.

En este procedimiento, está incluida la determinación por lavado de la cantidad de material más fino que el tamiz de 0,075 mm (No. 200) de agregados. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregados, que se dispersan en el agua de lavado y los materiales solubles en agua, se remueven de los agregados durante el ensayo.

Se incluyen dos procedimientos, uno que usa solo agua para la operación de lavado y el otro que incluye un agente humectante para ayudar a aflojar el material más fino que el tamiz de 75 μm (No. 200) del material más grueso.

Por lo general, la cantidad adicional de material más fino que 75 µm obtenidos en el proceso de tamizado en seco es una pequeña cantidad. Si es grande, se debe verificar la eficiencia de la operación de lavado. También podría ser una indicación de degradación del agregado.

Entre las sustancias perjudiciales para hormigón, las cuales disminuyen la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del hormigón, se presenta a los materiales que pasan el tamiz de 0,075 mm (No. 200), las cuales están limitados mediante especificaciones de la norma ASTM C33.

Tabla 16
Límites para sustancias nocivas en agregados para el hormigón.

Concepto	% Máximo en peso de la muestra total
Agregado grueso	
Material más fino que el tamiz No. 200	1.00 ^A
Agregado Fino	
Material más fino que el tamiz No. 200	
Hormigón sujeto a abrasión	3.00 ^B
Todos los demás hormigones	5.00 ^B

^A En el caso de los agregados triturados, si el material más fino que el tamiz No 200 consta de polvo de la fractura, que en esencia no contiene arcilla o arcilla esquistosa, el porcentaje se puede aumentar hasta 1.5.

^B En el caso de la arena fabricada, si el material más fino que el tamiz No 200 consta del polvo de la fractura, que no contiene en esencia arcilla o arcilla esquistosa, se pueden aumentar estos límites hasta un 5 y 7%, respectivamente.

Fuente: ASTM C 33.

3.4.3.1. Aparatos:

- Balanza de precisión de 0,1 g.
- Conjunto de tamices, uno inferior de 0,075 mm (No. 200) y el superior de 1,18 mm (No. 16) ambos conformes a los requisitos de las especificaciones ASTM E-11.
- Recipiente.
- Horno de temperatura uniforme, en el rango de 110 ± 5 °C.

3.4.3.2. Procedimiento:

Muestree el agregado de acuerdo con la Práctica D 75, mezcle completamente la muestra de agregado a ensayar y reduzca la cantidad a una cantidad adecuada para ensayar usando los métodos aplicables descritos en la Práctica C 702. Si la misma muestra de prueba se ensaya de acuerdo con el Método de prueba C 136, la masa mínima debe ser como se describe en las secciones correspondientes de ese método. De lo contrario, la masa de la muestra de ensayo, después del secado, deberá ser conforme a la tabla 17.

Tabla 17

tamaño de muestra para perdida por lavado según ASTM C117.

Tamaño máximo nominal	Masa mínima, g
4.75 mm (No. 4) o más pequeño	300
9.5 mm (3/8 pulg.)	1000
19.0 mm (3/4 pulg.)	2500
37.5 mm (1 1/2 pulg) o más grande	5000

Fuente: ASTM C 117

La muestra de prueba será el resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una masa predeterminada exacta.

Figura 17

Muestreo para lavado



Fuente: Elaboración propia

Se lava una muestra del agregado de la manera prescrita, usando agua de lavado, según se especifique. El agua de lavado decantada, que contiene material suspendido y disuelto, se pasa a través de un tamiz de 75 µm (No. 200). La pérdida de masa que resulta del tratamiento de lavado se calcula como porcentaje de masa de la muestra original y se reporta como el porcentaje de material más fino que un tamiz de 75 µm (No. 200) por lavado.

Figura 18

Lavado en el tamiz 200 y secado al horno



Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3. Cálculo:

Se ha determinado la cantidad de material que pasa por un tubo de 75 µm (núm. 200) tamizar lavando de la siguiente manera:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje de material más fino que el tamiz de 0.075 mm (No. 200) por lavado.

B = Masa seca original de la muestra en g.

C = Masa seca de la muestra después del lavado en g.

A manera de ejemplo se presenta el ensayo de la cantidad de material que pasa el tamiz de 0,075 mm (No. 200) por lavado, del agregado grueso piedra triturada Brita 1, con tamaño nominal de 25 mm.

B = 2500 g.

C = 2494.57 g.

$$A = \frac{2500 - 2494.57}{2500} \times 100 = 0.2 \%$$

3.4.4. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso según norma ASTM C-127

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. La gravedad específica puede ser Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad (kg/m³) se expresa como secado al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS), o como densidad aparente, igualmente la densidad relativa.

La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se basan en el agregado determinado después de 24 h de remojo del agregado en agua durante un período prescrito.

Este método de prueba se usa para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de una gran cantidad de partículas agregadas y proporciona un valor promedio que representa la muestra. Se hace una distinción entre la densidad de las partículas de agregado según lo determinado por este método de prueba y la densidad aparente de los agregados según lo

determinado por el Método de prueba C 29/C 29M, que incluye el volumen de vacíos entre las partículas de los agregados

Este método de prueba no está diseñado para usarse con agregados livianos.

3.4.4.1. Equipo

- Equipo de gravedad específica y absorción de agregados gruesos, con balanza de capacidad $20000 \pm 0,1$ g
- Horno de secado eléctrico de temperatura 110 ± 5 °C
- Balanza de capacidad de $20000 \pm 0,1$ g
- Cucharón
- Brocha
- Recipientes metálicos
- Tela de absorción

3.4.4.2. Muestra

Obtener una Muestra de agregado de acuerdo con la Norma ASTM D 75. Mezcle completamente la muestra de agregado y reduzca a la cantidad aproximada necesaria usando los procedimientos aplicables en la Norma ASTM C 702. Rechace todo el material que pase por un tamiz de 4,75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco y lavado a fondo para eliminar el polvo u otros revestimientos de la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (como los agregados de tamaño N°. 8 y 9 en la clasificación D 448), use el tamiz de 2,36 mm (N°. 8) en lugar del tamiz de 4,75 mm. (N°4) tamiz. Alternativamente, separe el material más fino que el tamiz de 4,75 mm y analice el material más fino de acuerdo con el Método de prueba según ASTM C 128.

La masa mínima de la muestra de prueba es determinada como sigue:

Tabla 18*tamaño de muestra representativa*

Tamaño nominal máximo del agregado		Masa mínima de la muestra de ensayo	
mm.	Pulg.	Kg.	Lb.
12.5	½	2	4.4
19	¾	3	6.6
25	1	4	8.8
37.5	1 ½	5	11
50	2	8	18
63	2 ½	12	26
75	3	18	40
90	3 ½	25	55
100	4	40	88
112	4 ½	50	110
125	5	75	165
150	6	125	276

Fuente: norma ASTM C 127, vol. 4,2

3.4.4.3. Procedimiento

Se seca la muestra de prueba en el horno hasta masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 h para muestras de prueba de 37,5 mm (1 1/2 pulg.) tamaño máximo nominal, o más para tamaños más grandes hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea cómoda de manejar (aproximadamente 50°C). Posteriormente sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente por un período de 24 ± 4 h.

Figura 19

Agregado sumergido en agua por 24 h



Fuente: Elaboración propia

Cuando los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) se usen para dosificar mezclas de concreto en las que los agregados estarán en su condición naturalmente húmeda, el secado inicial es opcional y si las superficies de las partículas en la muestra se han mantenido continuamente húmedos hasta que se analicen, la inmersión en agua es optativa.

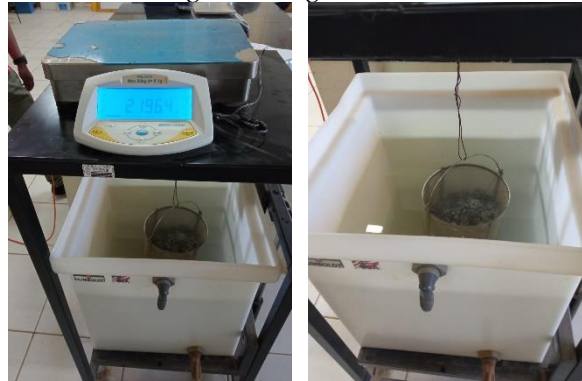
Retire la muestra de prueba del agua y los valores de gravedad específica, enróllela en un paño absorbente grande hasta que se eliminen todas las películas visibles de agua. Limpie las partículas más grandes individualmente. Se permite el uso de una corriente de aire en las que se realiza la operación de secado. Tenga cuidado de evitar la evaporación del agua de los poros del agregado y durante la operación de secado superficial. Se determina la masa de condición saturada de superficie seca (muestra en aire).

Después de determinar la masa al aire, se coloca, inmediatamente, la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el contenedor de la muestra, y se determina su masa aparente en agua a $23 \pm 2,0$ °C. Se debe tener cuidado de eliminar todo el aire atrapado antes de pesar, agitando el recipiente mientras es sumergido.

La diferencia entre la masa al aire y la masa, cuando la muestra es sumergida en agua, es igual a la masa del agua desplazada por la muestra.

El contenedor se sumerge a una profundidad suficiente para cubrirlo y la muestra de ensayo, mientras se determina la masa aparente en el agua. El alambre, del cual se suspende el contenedor, debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar cualquier efecto posible de una longitud inmersa variable.

Figura 20
Muestra sumergida en agua



Fuente: Elaboración propia

Se seca la muestra de ensayo en el horno, hasta masa constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C; se enfría en aire, a temperatura ambiente del laboratorio, hasta que el agregado tenga una temperatura confortable para su manejo, y se determina su masa de la muestra seca con una precisión de 0.5 gr.

3.4.4.4. Cálculo

Densidad relativa seca al horno o Gravedad específica bruta (Gs)

$$G_s = \frac{A}{B-C}$$

Gravedad específica saturada de superficie seca (Gsss):

$$G_{sss} = \frac{B}{B-C}$$

Gravedad específica aparente (Gs aparente):

$$Gs \text{ aparente} = \frac{A}{A-C}$$

Porcentaje de Absorción (% Abs):

$$\%Abs = \frac{B-A}{A} * 100$$

DONDE:

A = Masa de la muestra de ensayo seca al horno (s), en el aire, g

B = Masa de la muestra de ensayo saturada de superficie seca (sss) en el aire, g

C = Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en el agua, g

G_s = Gravedad específica bruta (Gs)

Tabla 19

Datos de agregados grueso para determinación de gravedad específica

Material	“A” Masa seca de la muestra (g)	“B” Masa saturada superficie seca de la muestra (g)	“C” Masa saturada sumergida de la muestra (g)
Piedra triturada 25mm (Brita 1)	3500.1	3505	2196.4
Piedra triturada 19mm (Brita 5/8)	3499.7	3509.7	2204
Piedra triturada 12mm (Brita 3/8)	2181.8	2190.12	1370.7

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20

Gravedad específica de los agregados gruesos

Material	Gs bruta	Gs bruta SSS	Gs aparente	Absorción %
Piedra triturada 25mm (Brita 1)	2.67	2.68	2.68	0.14
Piedra triturada 19mm (Brita 5/8)	2.68	2.69	2.70	0.29
Piedra triturada 12mm (Brita 3/8)	2.66	2.67	2.69	0.38

Fuente. Elaboración propia

3.4.5. *Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino según norma ASTM C-128*

Este método de ensayo determina la densidad promedio de una cantidad de partículas de áridos finos (sin incluir el volumen de los huecos entre las partículas), la densidad relativa (peso específico) y la absorción de los áridos finos. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad en kg/m³ (lb/ft³) es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. Igualmente, la densidad relativa (gravedad específica), cualidad sin dimensión, es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad (S) y la densidad relativa (S) se determinan después de secar los áridos. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan después de sumergir los áridos en agua durante un tiempo determinado

Este método de prueba cubre la determinación de volumen y gravedad específica aparente, 23/23°C y absorción de agregado fino. Los valores de absorción se utilizan para calcular el cambio en el peso 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. El estándar de laboratorio para la absorción es el que se obtiene después de sumergir el agregado seco durante aproximadamente 24 h en agua. Los agregados extraídos debajo del nivel freático pueden tener una mayor absorción cuando se usan, si no se dejan secar.

Este método de ensayo determina (después de 24 h en agua) la gravedad específica aparente y la gravedad específica aparente, la gravedad específica aparente sobre la base del peso del agregado superficialmente seco saturado y la absorción.

3.4.5.1. Equipo:

- Picnómetro (procedimiento gravimétrico)
- Balanza de capacidad $20000 \pm 0,1$ g
- Molde y apisonador para prueba de humedad superficial
- Horno de secado eléctrico de temperatura 110 ± 5 °C
- Secador eléctrico
- Cucharón
- Escobilla
- Recipiente

3.4.5.2. Muestreo y preparación de muestra

Muestree el agregado de acuerdo con la Norma ASTM D 75.

Mezcle completamente la muestra y reduzca para obtener una prueba espécimen de aproximadamente 1 kg usando los procedimientos aplicables descrito en la Norma ASTM C 702.

Colocar la muestra en una charola y secar en un horno a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C. Una vez seca la muestra, permitir que se enfríe a temperatura ambiente, hasta alcanzar una temperatura cómoda para manejarla (aproximadamente 50 °C). Agregar agua a la muestra hasta alcanzar al menos 6 % de humedad, y permitir reposar durante 24 ± 4 horas en un recipiente hermético para evitar la pérdida de humedad.

3.4.5.3. Procedimiento

Extender la muestra en una superficie plana expuesta a una suave corriente de aire tibio mientras se remueve para asegurar un secado homogéneo.

Si se desea, se permite emplear ayuda mecánica, tales como, espátula o agitador para lograr la condición saturada y superficialmente seca. Continúe esta operación hasta que la muestra se aproxime a la condición saturada superficialmente seca. Realizar el primer intento de prueba de humedad superficial (condición saturada superficialmente seca) cuando aún haya agua en la muestra

Sostener el molde firmemente sobre una superficie suave, lisa y no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Vaciar la muestra del agregado fino y llenar hasta que sobresalga del molde. Utilizar los dedos en forma de circular cubriendo la parte superior del molde para agregar material adicional.

Sostener el molde y compactar ligeramente el agregado fino con el pisón dentro del molde con 25 golpes. Para cada golpe, dejar caer el pisón desde una altura de 5 mm respecto a la superficie de la muestra, ajustar la altura inicial a la nueva altura de la superficie del material después de cada golpe y distribuir los golpes en toda la superficie.

Figura 21

Muestra compactada con el pisón



Fuente: Elaboración propia

Hacer a un lado el material suelto alrededor de la base del cono y levantar el molde verticalmente. Si aún está presente humedad superficial, el agregado fino retendrá la forma del molde. Por otro lado, cuando exista una caída ligera de agregado fino, se ha alcanzado la condición SSS.

Figura 22

Revenimiento de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Si no se obtiene una caída de material (existe exceso de humedad), se deberá continuar secando con mezclado constante y repetir el proceso para verificación de la condición SSS

hasta alcanzar la condición SSS. Si se obtiene una caída excesiva de material (existe falta de humedad), se deberá mezclar el material completamente con unos pocos mililitros de agua y dejar reposar en un contenedor cubierto durante 30 minutos y repetir el proceso de secado y evaluación de la condición SSS, hasta alcanzar dicha condición. Una vez obtenida la condición SSS, se deberá tomar inmediatamente una muestra de 500 ± 10 g. Registrar la masa de la muestra (S).

Colocar la muestra de 500 ± 10 g dentro del picnómetro y llenar con agua destilada el volumen adicional hasta aproximadamente al 90 % de su capacidad. Tapar el picnómetro y agitarlo suavemente para eliminar las burbujas. Realizar el proceso de agitación por alguno de los siguientes métodos.

Figura 23

Muestra con agua en el picnómetro



Fuente: Elaboración propia

Girar, invertir o agitar el picnómetro (o utilizar una combinación de estas acciones) para eliminar las burbujas de aire. Normalmente se requiere de 15 a 20 minutos para eliminar las burbujas de aire. Una vez eliminadas las burbujas, llenar el picnómetro con agua destilada hasta la marca de calibración. Ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido mediante la inmersión de este dentro del baño de agua a 23 ± 2 °C. Retirar el picnómetro del baño de

agua y secar. Determinar la masa del picnómetro con agua y muestra. Retirar la muestra del picnómetro vertiéndola en una charola (registrar la masa de la charola limpia y seca previo a utilizarla) y lavar el picnómetro con agua adicional hasta retirar todo el material fino del mismo. Secar la muestra a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C. Permitir que la muestra se enfríe a temperatura ambiente durante 1 hora \pm 30 minutos y determinar la masa seca de la muestra. Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración con agua destilada a una temperatura de 23 ± 2 °C con una aproximación de 0.1 g.

3.4.5.4. Cálculos

3.4.5.4.1. Densidad relativa seca al horno o Gravedad específica bruta (G_s)

$$G_s = \frac{A}{B+S-C}$$

3.4.5.4.2. Gravedad específica saturada de superficie seca (G_{SSS}):

$$G_{SSS} = \frac{S}{B+S-C}$$

3.4.5.4.3. Gravedad específica aparente (G_s aparente):

$$G_{s\text{ aparente}} = \frac{A}{B+A-C}$$

3.4.5.4.4. Cálculo del porcentaje de absorción

$$\%Abs = \frac{S-A}{A} * 100$$

DONDE:

A = Masa de la muestra de ensayo seca al horno, g.

B = Masa del picnómetro con agua hasta la marca de calibración, g.

C = Masa del picnómetro con la muestra de ensayo y agua hasta la marca de calibración, g

S = Masa de la muestra de ensayo, saturada de superficie seca (usada en el método gravimétrico de densidad relativa o para la absorción), g.

Tabla 21

Datos para determinar la gravedad específica de los agregados finos

MATERIAL	“A” Masa seca de la muestra (g)	“B” Masa del picnómetro más agua (g)	“C” Masa del picnómetro más muestra, más agua (g)	“S” Masa de la muestra en estado saturado, superficialmente seca (g)
Volumen de picnómetro es de 500				
Polvo de brita	492	717.86	995.46	500
Volumen de picnómetro es de 480				
Arena	495	701.79	998.94	500

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22

Gravedad específica de los agregados

Material	Gs bruta	Gs aparente	Gs bruta SSS	Absorción %
Polvo de brita	2.21	2.25	0.69	1.63
Arena	2.44	2.46	0.71	1.01

Fuente. Elaboración propia

3.4.6. *Determinación de la densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados*

ASTM C-29/C-29M.

Mediante este ensayo, se determina la densidad bulk (“peso unitario”) del agregado, en una condición compactada o suelta, y se calcula los vacíos entre las partículas en el agregado fino, grueso o una mezcla de ellos, con base en la misma determinación.

3.4.6.1. Equipo:

- Balanza de capacidad 20000 ± 0,1 g.
- Varilla compactadora de 600 mm.
- Pala o cucharón
- Recipiente volumétrico.

Recipiente volumétrico. - Medida cilíndrica de metal, preferiblemente provista de asas. Será estanco, con la parte superior y fondo uniforme, y lo suficientemente rígido para conservar su forma bajo uso rudo. La medida tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menos del 80 % ni más del 150 % del diámetro. La capacidad de la medida se ajustará a los límites de la Tabla 23.

Tabla 23

Capacidad de recipiente volumétrico para densidad bruta ASTM C-29/C-29M.

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de recipiente ^A
Pulg	Mm	L (m3)
1/2	12,5	2.8 (0.0028)
1	25	9.3 (0.0093)
1 1/2	37,5	14 (0.014)
3	75	28 (0.028)
4	100	70 (0.070)
5	125	100 (0.100)

^A El tamaño de medida indicado se utilizará para ensayar agregados de un valor nominal tamaño máximo igual o menor que el indicado. El volumen real de la medida será al menos el 95 % del volumen nominal indicado.

Fuente: ASTM C-29/C-29M.

3.4.6.2. Procedimiento:

Para este procedimiento se toma la muestra representativa, debiendo ser suficiente la cantidad requerida para llenar el recipiente volumétrico. Debe ser manejado, de tal manera, que se

evite la segregación. Se seca la muestra de agregado, esencialmente, hasta masa constante, en un horno a 110 ± 5 °C.

Selección del Procedimiento. - El procedimiento de paleado para densidad aparente suelta, debe ser se utiliza sólo cuando se estipula específicamente. De lo contrario, el compacto La densidad aparente se determinará mediante el procedimiento de varillaje para agregados que tienen un tamaño máximo nominal de 1 1/2 pulg [37.5 mm] o menos, o por el procedimiento de Jigging para agregados que tienen un tamaño máximo nominal superior a 1 1/2 pulg. [37,5 mm] y que no exceda las 5 pulgadas [125 mm].

Los agregados utilizados para la presente investigación tienen un tamaño nominal máximo de 25 mm por lo cual se procede a realizar el ensayo bajo el procedimiento de varillaje para determinar la densidad bruta (peso unitario) compactado y procedimiento de paleado para determinar la densidad bruta (peso unitario) suelta.

Procedimiento de varillaje. - Llene la medida hasta un tercio y nivele la superficie con los dedos Varilla la capa de agregado con 25 golpes de la varilla de apisonamiento uniformemente distribuida sobre la superficie. Llena la medida dos tercios de su capacidad y vuelva a nivelar y varillar como se indicó anteriormente. Por último, llenar la medida a rebosar y volver a varillar en la forma antes mencionada. Nivele la superficie del agregado con los dedos o una regla de tal manera que cualquiera ligera proyección de las piezas más grandes del agregado grueso equilibre aproximadamente los vacíos más grandes en la superficie debajo de la parte superior de la medida.

Procedimiento de paleado. - Llenar la medida a rebosar por medio de una pala o cuchara, descargando el agregado desde una altura que no exceda 2 pulg. [50 mm] por encima de la parte superior de la medida. Tenga cuidado de evitar, en la medida de lo posible, la

segregación del tamaño de las partículas de que está compuesta la muestra. Nivele la superficie del agregado con los dedos o una regla de tal manera que cualquier pequeña proyección de las piezas más grandes de la gruesa el agregado equilibra aproximadamente los vacíos más grandes en la superficie por debajo de la parte superior de la medida.

3.4.6.3. Cálculo:

Par el cálculo por cualquiera de los métodos enteramente mencionados se debe determinar la masa de la medida más su contenido y la masa de la medida sola, y registrar los valores en el más cercano a 0,1 lb [0,05 kg].

$$\text{Densidad bruta (Peso unitario)} \quad M = \frac{G-T}{V}$$

Donde:

M = Densidad bruta de los agregados, kg/m³.

G = Masa de los agregados más el recipiente, kg.

T = Masa del recipiente, kg.

V = Volumen del recipiente, m³.

Peso unitario:

Se procede a determinar la densidad bruta (peso unitario) del agregado grueso Brita 0 (3/8), proveniente de Brasil.

Dato:

Molde (Diámetro=15.2 cm, Altura=17.75 cm, Peso= 6.609 kg.)

Muestra (Bita 0 (3/8), tamaño max. nominal 12 mm.)

Verificación altura del molde:

	H = D
Debe cumplir	H > 80 %D
	H < 150 %D

Figura 24
Ensayo de peso unitario



Fuente: Elaboración propia

Molde #10

D = Diámetro 15.20 cm

H = Altura 17.75 cm

$$\frac{\text{Altura}}{\text{Diámetro}} \times 100 \rightarrow \frac{17.75 \text{ cm}}{15.20 \text{ cm}} \times 100 = 116 \% \text{ Cumple.}$$

Verificación volumen del molde según tabla 23:

Tamaño máximo nominal del agregado	Capacidad de recipiente
mm	L (m3)
12,5	2.8 (0.0028)

Molde #10

D = Diámetro 15.20 cm

H = Altura 17.75 cm

$$V = \text{Volumen} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H = \frac{\pi \times 0.152^2}{4} \times 0.1775 = 0.0032 \text{ m}^3 \text{ Cumple}$$

Determinación de peso unitario compactado:

Figura 25
Compactando el agregado



Fuente: Elaboración propia

G = Masa de los agregados compactado más el recipiente = 11.420 kg.

T = Masa del recipiente = 6.609 kg.

V = Volumen del recipiente = 0.0032m³.

$$\text{Densidad bruta (Peso unitario) Brita 0} = \frac{11.420 - 6.609}{0.0032} = 1503.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para la determinar los valores del peso unitario compactado de los demás agregados, se emplearon hojas de cálculo Excel. Los resultados, se muestran en la tabla 24.

Tabla 24

Densidad bruta compactada o peso unitario compactado de agregados.

Agregado	Peso tara + muestra (kg)	Peso Tara (kg)	Volumen de recipiente (m3)	Peso unitario Compactado Kg/m3
Agregado grueso				
Brita 1	34,584	19,827	0,0096	1537,19
Brita 5/8	34,335	19,827	0,0096	1511,25
Brita 0	11,42	6,609	0,0032	1503,44
Agregado fino				
Polvo de brita	12,137	6,609	0,0032	1727,50
Arena	11,333	6,609	0,0032	1476,25

Fuente: elaboración propia

Determinación de peso unitario suelto:

Figura 26
Peso unitario suelto



Fuente: Elaboración propia

G = Masa de los agregados suelto más el recipiente = 10.972 kg.

T = Masa del recipiente = 6.609 kg.

V = Volumen del recipiente = 0.0032m³.

$$\text{Densidad bruta (Peso unitario) Brita 0} = \frac{10.972 - 6.609}{0.0032} = 1503.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para la determinar los valores del peso unitario compactado de los demás agregados, se emplearon hojas de cálculo Excel. Los resultados, se muestran en la tabla 18.

Tabla 25

Densidad bruta suelta o peso unitario suelto de agregados

Agregado	Peso tara + muestra (kg)	Peso Tara (kg)	Volumen de recipiente (m ³)	Peso unitario Suelto Kg/m ³
Agregado grueso				
Brita 1	33,36	19,827	0,0096	1409,69
Brita 5/8	32,94	19,827	0,0096	1365,94
Brita 0	10,972	6,609	0,0032	1363,44
Agregado fino				
Polvo de brita	11,526	6,609	0,0032	1536,56
Arena	10,934	6,609	0,0032	1351,56

Fuente: elaboración propia

3.4.7. *Determinación por secado del contenido total de humedad evaporable en el agregado ASTM C-566*

Este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado secando tanto la humedad superficial como la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que se combina químicamente con los minerales del agregado. Dicha agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método de prueba.

Generalmente, medirá la humedad en la muestra de ensayo, de forma más confiable, que la propia muestra pueda ser representativa del suministro de agregado.

3.4.7.1. *Equipo.*

- Balanza con capacidad de $20000 \pm 0,1$ g
- Horno eléctrico, temperatura de 110 ± 5 °C
- Recipiente metálico

3.4.7.2. *Muestra.*

Se obtiene una muestra de agregado de acuerdo con la Norma ASTM D-75.

Obtenga una muestra del agregado representativo del contenido de humedad en el suministro que se está probando y que tenga una masa no menor que la cantidad indicada en la Tabla

27. Proteja la muestra contra la pérdida de humedad antes de determinar la masa

Tabla 26
Muestra de ensayo de agregado

Tamaño nominal máximo		Masa mínima de la muestra de ensayo (kg)
(mm)	(pulgadas)	
4.75	N° 4	0.5
9.5	3/8	1.5
12.5	1/2	2
19	3/4	3
25	1	4
37.5	1 1/2	6
50	2	8

60	2 ½	10
75	3	13
90	3 ½	16
100	4	25
150	6	50

Fuente: Norma ASTM. Vol. 04.02

3.4.7.3. Procedimiento.

Determine la masa de la muestra al 0,1 % más cercano.

Seque completamente la muestra en el recipiente de la muestra por medio de la fuente de calor seleccionada, teniendo cuidado de evitar la pérdida de cualquier partícula. Un calentamiento muy rápido puede hacer que algunas partículas exploten, lo que resulta en la pérdida de partículas. Use un horno de temperatura controlada cuando el calor excesivo pueda alterar el carácter del agregado, o cuando se requiera una medición más precisa. Si se utiliza una fuente de calor diferente al horno de temperatura controlada, remover la muestra durante el secado para acelerar la operación y evitar sobrecalentamientos localizados. Cuando se utiliza un horno de microondas, la agitación de la muestra es opcional.

3.4.7.4. Cálculo.

Calcular el contenido total de humedad evaporable de la siguiente manera:

$$H\% = \frac{M_H - M_S}{M_S} * 100$$

Donde:

% H = Contenido de humedad total evaporable

M_H = Masa de la muestra original (muestra húmeda), en g

M_S = Masa de la muestra seca, en g

Tabla 27*Porcentaje de humedad de los agregados*

Agregado	Masa recipiente (g)	Masa muestra húmeda +R	Masa muestra saca +R	Porcentaje de humedad (%)
Piedra triturada 25mm (Brita 1)	508.7	8238.1	8228.7	0.11
Piedra triturada 19mm (Brita 5/8)	423.4	6415.9	6411	0.08
Piedra triturada 12mm (Brita 3/8)	508.7	7229.4	7226.2	0.04
Polvo de brita	311.3	8952.1	8940.2	0.13
Arena	508.7	7229.4	7226.2	0.04

Fuente. Elaboración propia

3.4.8. *Análisis granulométrico por tamices de agregado grueso y fino ASTM C-136 (NB 597)*

Este método de prueba cubre la determinación de la partícula distribución de tamaño de agregados finos y gruesos por tamizado.

Este método de prueba se usa principalmente para determinar la clasificación de los materiales propuestos para uso como agregados o que se usan como agregados. Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partícula con los requisitos de especificación aplicables y para proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de varios productos agregados y mezclas que contienen agregados.

3.4.8.1. *Equipo*

- Serie de tamices U.S.A. STANDARD SIEVE
- Tamizador mecánico
- Balanza de capacidad 20000 ± 0,1 g
- Horno de secado eléctrico de temperatura 110 ± 5 °C
- Brocha
- Cepillo de cerdas metálicas
- Cepillo de cerdas normales
- Recipientes metálicos

Figura 27

Serie de tamices y tamizador mecánico



Fuente: Elaboración propia

3.4.8.2. Muestreo

Muestree el agregado de acuerdo con la Norma ASTM D 75.

Mezcle completamente la muestra y reduzca a una cantidad adecuada para la prueba utilizando los procedimientos aplicables descritos en la Norma ASTM C 702. La muestra para la prueba debe ser aproximadamente la cantidad deseada cuando está seca y debe ser el resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una cantidad predeterminada exacta.

Agregado fino: el tamaño de la muestra de prueba, después del secado, debe ser de 300 g como mínimo.

Para el agregado grueso, el tamaño de la muestra seca de la prueba, deberá conformar las especificaciones que se consignan en la tabla 28.

Tabla 28

tamaño máximo nominal de agregado

Tamaño nominal máximo aberturas cuadradas		Tamaño mínimo de la muestra de ensayo	
mm.	Pulg.	Kg.	Lb.
9.5	3/8	1	2
12.5	1/2	2	4
19	3/4	5	11

25	1	10	22
37.5	1 ½	15	33
50	2	20	44
63	2 ½	35	77
75	3	60	130
90	3 ½	100	220
100	4	150	330
125	5	300	660

Fuente: norma ASTM C 136, vol. 4,2

En el caso de que la cantidad de material más fino que el tamiz de 75 µm (No. 200) deba determinarse mediante el Método de prueba C 117, proceda de la siguiente manera.

Para agregados con un tamaño máximo nominal de 12,5 mm (1/2 pulg.) o menos, use la misma muestra de prueba para la prueba con el Método de prueba C 117 y este método.

3.4.8.3. Procedimiento

Se realiza el método según la Norma ASTM C117, lavando la muestra en el tamiz de 75 µm (No. 200), desechando los finos que pasa la malla. Se procede al secado del material en el horno, a temperatura de 110 ± 5 °C, durante un tiempo de 24 horas.

Se seleccionan los tamices con las aberturas adecuadas, para obtener la información requerida por las especificaciones que cubren el material a ser ensayado. Se acomodan los tamices en orden de tamaño de abertura decreciente, de arriba hacia abajo, y se coloca la muestra en el tamiz superior. Se agitan los tamices, manualmente, o por medio de un agitador mecánico por un período de tiempo necesario establecido por tanteo. Se divide la muestra de ensayo en porciones en el tamiz que pueda sobrecargarse, tamizando cada porción individualmente.

Figura 28

Muestra en proceso de tamizado



Fuente: Elaboración propia

Se continúa tamizando el tiempo necesario, de manera tal, que, después de terminar el tamizado, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual que pueda pasar ese tamiz. La masa total del material, luego de pasar por los tamices, debe ser lo próximo, o similar a la masa original de la muestra colocada en los tamices. En el tamizado manual, se manifiesta la rugosidad de los granos de piedra triturada, su textura, su forma geométrica (esquinas pronunciadas) en la dificultad de desplazamiento de partículas entre sí, la trabazón existente que interviene en la baja trabajabilidad de la mezcla de hormigón, como se verificará más adelante. Sin embargo, sucede lo contrario con los agregados de canto rodado, por la textura lisa y esquinas redondeadas.

Figura 29

Muestra retenida en los tamices: bandeja, No 8, No 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1"



Fuente: Elaboración propia

3.4.8.4. Cálculos

Se calculan los porcentajes que pasan, los porcentajes retenidos totales o los porcentajes de las varias fracciones por tamaño, al 0,1% más cercano, sobre la base de la masa inicial seca total de la muestra de ensayo. Si la misma muestra de ensayo, ha sido previamente ensayada de acuerdo con el método de ensayo ASTM C-117, se debe incluir la masa del material más fino que la malla de 75 μm (No. 200) por lavado en el cálculo del análisis por tamizado; y utilizar la masa seca total de la muestra de ensayo antes del lavado de acuerdo con el método de ensayo C-117, como la base para calcular todos los porcentajes. Se calcula el módulo de finura, sumando los porcentajes totales de material de la muestra que sean más gruesos que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes retenidos acumulados), y dividir esta suma entre 100.

Calculo de la masa de cada tamaño de la muestra original y los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra:

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_N}{\sum W_T} * 100$$

Donde:

% Retenido= Porcentaje retenido en la malla N respecto al peso total, en %

WN = Peso del material retenido en la malla N, en g

ΣWT = Suma total del material retenido

Calculo del porcentaje retenido acumulado

% Retenido Acumulado = % Retenido en la malla N + % Retenido Acumulado en la malla Anterior

Una vez obteniendo los datos de retenido acumulado se clasifica dentro de los límites de acuerdo con la Norma ASTM C 33.

Calculo de modo de finura

$$\%MF = \frac{\sum \%Retenido\ acumulado\ 1, 3/4, 1/2", 3/8", N^{\circ}. 8}{100} * 100$$

Se muestran los resultados de los ensayos de granulometría de agregados gruesos y finos, acompañado de la pérdida de material fino que pasa el tamiz 0,075 mm, módulo de finura, porcentaje de las pérdidas durante el tamizado, y las características físicas, en el gráfico de la curva granulométrica correspondiente.

3.4.8.5. Agregado grueso

Tabla 29

Granulometría de Brita 1 (25 mm)

w. inicial (gr.)	Tara (gr.)	W. tara (gr.)	W. tara + muestra (gr.)	W. de muestra + tara lavada y secada (gr.)	W. de muestra lavada y secada (gr.)
10839.5	1.-.2	839.5	10839.5	10813.7	9975.2

TAMIZ		tara	w. tara (gr.)	w. Retenido + tara	Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Pulg.	mm							
1 1/2"	37.50	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00

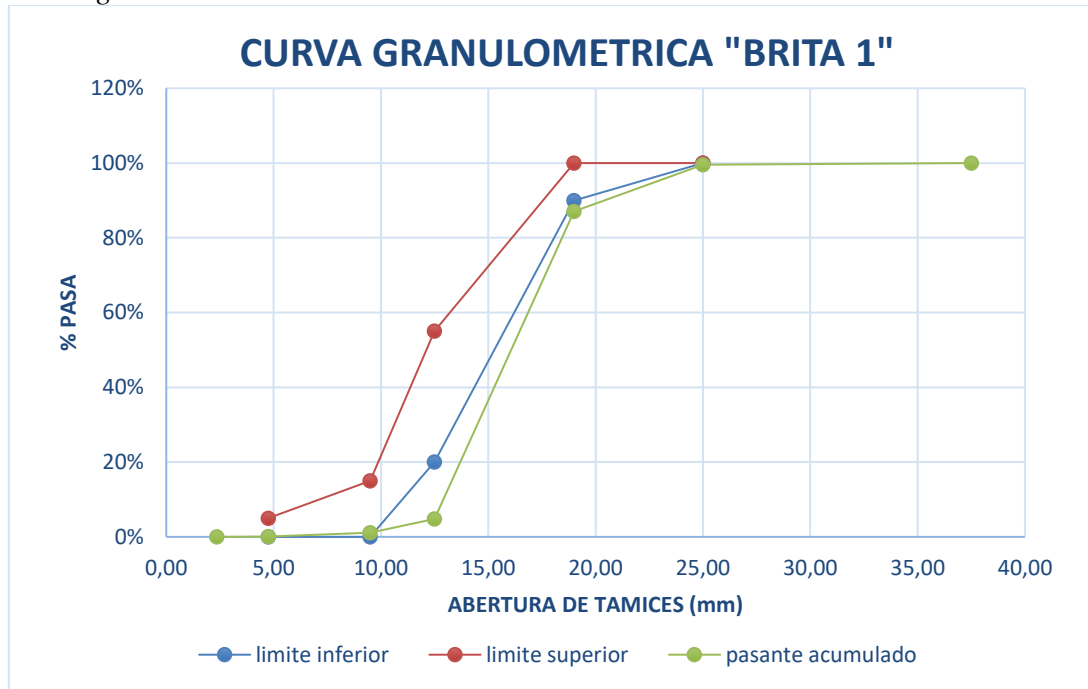
1"	25.00	5.-.8	128.30	173.70	45.40	0.46	0.46	99.54
3/4"	19.00	k7	131.40	1376.20	1244.80	12.48	12.93	87.07
1/2"	12.50	k17	839.50	9045.90	8206.40	82.27	95.20	4.80
3/8"	9.50	N-5	133.90	501.10	367.20	3.68	98.88	1.12
N° 4	4.75	5.-.7	126.40	230.20	103.80	1.04	99.92	0.08
N° 8	2.36	5.-.3	129.80	136.30	6.50	0.07	99.99	0.01
fondo		R-7	60.300	61.30	1.00	0.01	100.00	0.00
TOTAL					9975.10	100.00	-	-
MODULO DE FINURA (MF) MF= $\Sigma\%$ Acumulado/100 = 3.12					% Perdidas = $\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 = 0.005\%$			

TAMIZ		Límite Inferior	Pasante Acumulado (%)	Limite Superior	Verificación
Pulg.	mm				
1 1/2"	37.50		100%		CUMPLE
1"	25.00	100%	100%	100%	NO CUMPLE
3/4"	19.00	90%	87%	100%	NO CUMPLE
1/2"	12.50	20%	5%	55%	NO CUMPLE
3/8"	9.50	0%	1%	15%	CUMPLE
N° 4	4.75	0%	0%	5%	CUMPLE
N° 8	2.36		0%		NO CUMPLE

Nota. Limitantes según norma ASTM C 33

Fuente. Elaboración propia

Figura 30
Curva granulométrica "BRITA 1"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30
Granulometría de Brita 5/8 (19 mm)

w. inicial (gr.)	tara (gr.)	w. tara (gr.)	w. tara + muestra (gr.)	w. de muestra + tara lavada y secada (gr.)	w. de muestra lavada y secada (gr.)
10107.9	1.-2	839.3	10107.9	10000.6	9161.3

TAMIZ		tara	w. tara (gr.)	w. Retenido + tara	Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Pulg.	mm							
1 1/2"	37.50	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	R-3	58.93	67.85	8.92	0.10	0.10	99.90
1/2"	12.50	Charola	311.20	5609.20	5298.00	57.84	57.93	42.07
3/8"	9.50	N2	131.60	3397.10	3265.50	35.65	93.58	6.42
N° 4	4.75	S-3	129.90	713.60	583.70	6.37	99.96	0.04
N° 8	2.36	L-1	32.50	33.88	1.38	0.02	99.97	0.03
fondo		L-6	32.39	35.13	2.74	0.03	100.00	0.00
TOTAL					9160.24	100.00	-	-
MODULO DE FINURA (MF) MF= Σ% Acumulado/100 = 2.94					% Perdidas = $\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 = 0.01\%$			

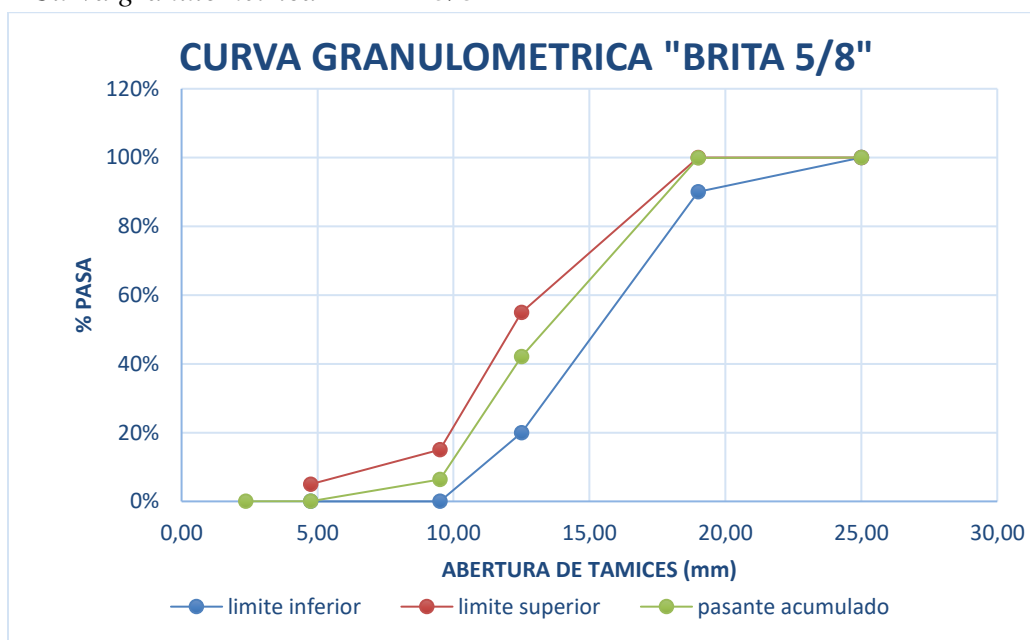
TAMIZ		Límite Inferior	Pasante Acumulado (%)	Limite Superior	Verificación
Pulg.	mm				
1"	25.00	100%	100%	100%	NO CUMPLE
3/4"	19.00	90%	100%	100%	CUMPLE
1/2"	12.50	20%	42%	55%	CUMPLE
3/8"	9.50	0%	6%	15%	CUMPLE
N° 4	4.75	0%	0%	5%	CUMPLE
N° 8	2.36		0%		NO CUMPLE

Nota. Limitantes según norma ASTM C 33

Fuente. Elaboración propia

Figura 31

Curva granulométrica "BRITA 5/8"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Granulometría de Brita 3/8 (12 mm)

w. inicial (gr.)	tara (gr.)	w. tara (gr.)	w. tara + muestra (gr.)	w. de muestra + tara lavada y secada (gr.)	w. de muestra lavada y secada (gr.)
6007.00	charola	332.9	6007	5701.3	5368.4

TAMIZ		tara	w. tara (gr.)	w. Retenido + tara	Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Pulg.	mm							
1 1/2"	37.50	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	B2	59.10	61.50	2.40	0.04	0.04	99.96
3/8"	9.50	S-3	129.90	302.60	172.70	3.22	3.26	96.74
N° 4	4.75	Charola	131.50	3682.50	3551.00	66.16	69.42	30.58
N° 8	2.36	S-9	133.20	1713.00	1579.80	29.43	98.85	1.15
fondo		L-6	32.40	94.05	61.65	1.15	100.00	0.00
TOTAL					5367.55	100.00	-	-
MODULO DE FINURA (MF) MF= $\Sigma\%$ Acumulado/100 = 1.72					% Perdidas = $\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 = 0.02\%$			

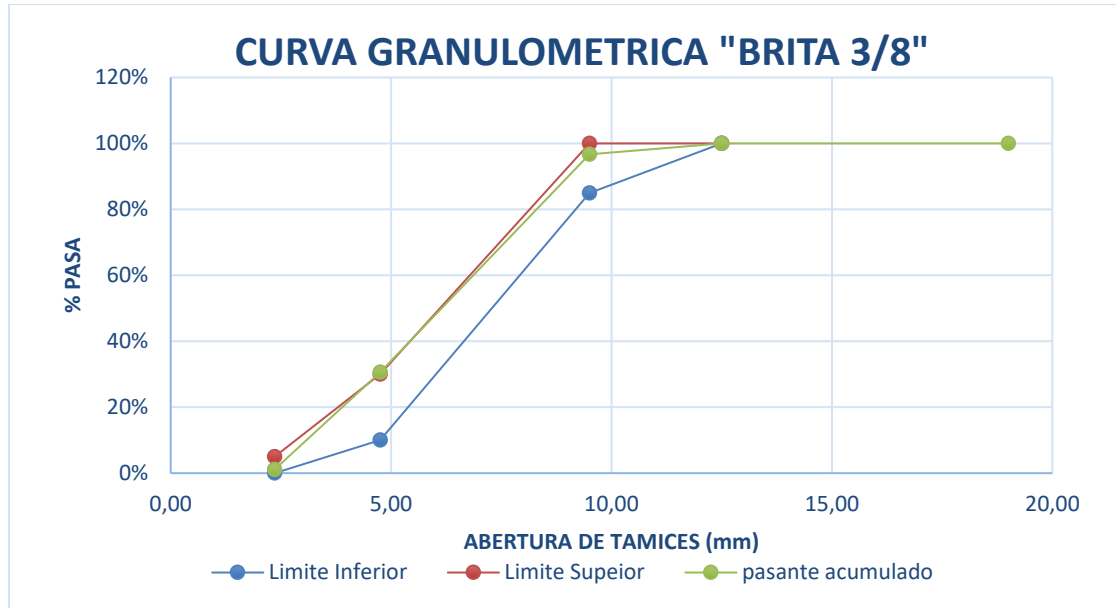
TAMIZ		Límite Inferior	Pasante Acumulado (%)	Limite Superior	Verificación
Pulg.	mm				
3/4"	19.00		100%		NO CUMPLE
1/2"	12.50	100%	100%	100%	NO CUMPLE
3/8"	9.50	85%	97%	100%	CUMPLE
N° 4	4.75	10%	31%	30%	NO CUMPLE
N° 8	2.36	0%	1%	5%	CUMPLE

Nota. Limitantes según norma ASTM C 33

Fuente. Elaboración propia

Figura 32

Curva granulométrica "BRITA 3/8"



Fuente: Elaboración propia

3.4.8.6. Agregados finos

Tabla 32

Granulometría del Polvo de brita (4.75 mm)

w. inicial	tara (gr.)	w. tara (gr.)	w. tara + muestra (gr.)	w. de muestra +tara lavada y secada (gr.)	w. de muestra lavada y secada (gr.)
500	5.-.9	133.2	633.2	576.3	443.1

TAMIZ		tara	w. tara (gr.)	w. Retenido + tara	Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Pulg.	mm							
3/8"	9.50	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.75	R151	32.81	37.28	4.47	1.01	1.01	98.99
N° 08	2.36	R152	34.25	96.58	62.33	14.08	15.09	84.91
N° 16	1.18	L-3	32.56	166.23	133.67	30.20	45.29	54.71
N° 30	0.60	L-1	32.49	125.78	93.29	21.08	66.37	33.63
N° 50	0.30	L-6	32.39	104.86	72.47	16.37	82.74	17.26
N° 100	0.15	R150	33.52	80.80	47.28	10.68	93.42	6.58
fondo		L-2	31.830	60.96	29.13	6.58	100.00	0.00
TOTAL					442.64	100.00	-	-

MODULO DE FINURA (MF)
 $MF = \Sigma \% \text{ Acumulado} / 100 = 3.04$

$$\% \text{ Perdidas} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 = 0.1\%$$

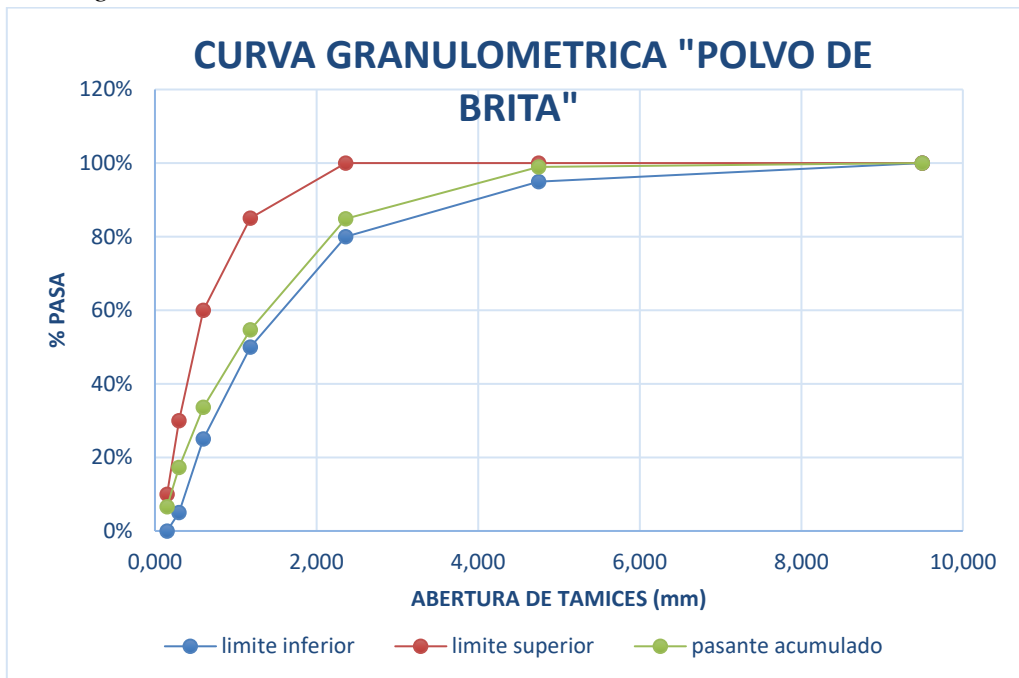
TAMIZ		Límite Inferior	Pasante Acumulado (%)	Limite Superior	Verificación
Pulg.	mm				
3/8"	9.500	100%	100.00%	100%	CUMPLE
N° 4	4.750	95%	98.99%	100%	CUMPLE
N° 8	2.360	80%	84.91%	100%	CUMPLE
N° 16	1.180	50%	54.71%	85%	CUMPLE
N° 30	0.600	25%	33.63%	60%	CUMPLE
N° 50	0.300	5%	17.26%	30%	CUMPLE
N° 100	0.150	0%	6.58%	10%	CUMPLE

Nota. Limitantes según norma ASTM C 33

Fuente. Elaboración propia

Figura 33

Curva granulométrica "POLVO DE BRITA"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Granulometría de Arena (1.18mm)

w. inicial	tara (gr.)	w. tara (gr.)	w. tara + muestra (gr.)	w. de muestra + tara lavada y secada (gr.)	w. de muestra lavada y secada (gr.)
------------	------------	---------------	-------------------------	--	-------------------------------------

100	B 17	61.23	161.23	159.1	97.87
-----	------	-------	--------	-------	-------

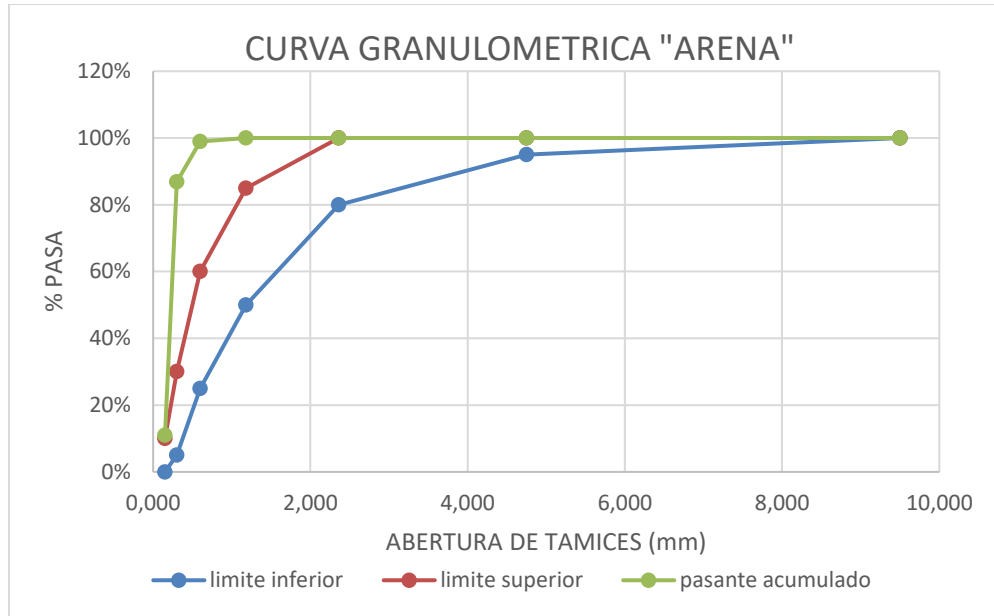
TAMIZ		tara	w. tara (gr.)	w. Retenido + tara	Peso Retenido (gr.)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Pulg.	mm							
3/8"	9.50	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.75	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.36	-	-	-	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 16	1.18	C-20	61.43	61.45	0.02	0.02	0.02	99.98
N° 30	0.60	C-5	62.88	62.89	0.01	0.01	0.03	99.97
N° 50	0.30	C-24	60.95	73.07	12.12	12.40	12.43	87.57
N° 100	0.15	R-7	60.39	136.35	75.96	77.70	90.13	9.87
fondo		R-3	58.930	68.58	9.65	9.87	100.00	0.00
TOTAL					97.76	100.00	-	-
MODULO DE FINURA (MF) MF= $\Sigma\%$ Acumulado/100 = 1.03					$\% \text{ Perdidas} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 = 0.1\%$			

TAMIZ		Límite Inferior	Pasante Acumulado (%)	Limite Superior	Verificación
Pulg.	mm				
3/8"	9.500	100%	100.00%	100%	CUMPLE
N° 4	4.750	95%	100.00%	100%	NO CUMPLE
N° 8	2.360	80%	100.00%	100%	NO CUMPLE
N° 16	1.180	50%	99.98%	85%	NO CUMPLE
N° 30	0.600	25%	98.97%	60%	NO CUMPLE
N° 50	0.300	5%	86.86%	30%	NO CUMPLE
N° 100	0.150	0%	10.97%	10%	NO CUMPLE

Nota. Limitantes según norma ASTM C 33

Fuente. Elaboración propia

Figura 34
Curva granulométrica "ARENA"



Fuente: Elaboración propia

3.5.DETERMINAR LAS COMBINACIONES DE LAS GRANULOMETRIAS, UBICANDO DENTRO DE LOS LÍMITES DE ASTM C 33 PARA DOSIFICACIONES DE HORMIGONES

3.5.1. combinaciones de granulometrías, ubicando dentro de los límites de ASTM C-33, para dosificaciones de hormigón.

De los resultados del análisis granulométrico de los distintos agregados utilizados para la presente investigación las cuales son, piedra triturada proveniente de Brasil de tamaños 3/4” (brita 1), 5/8” (brita 5/8”), 3/8” (brita cero) y polvo de brita, así también la arena de procedencia del río Acre, no cumplen con los límites de gradación estipulados en la normativa ASTM C33.

Por tal motivo y para mejorar la calidad de los agregados, de modo que el agregado combinado resulte aceptable y cumpla con los requisitos establecidos por las normas, se llega a realizar combinaciones de agregados por el método de tanteo, tanto para agregados finos como gruesos, el procedimiento empleado en la presente investigación se presenta a continuación.

COMBINACIÓN AGREGADO GRUESO. - Para la combinación de los agregados grueso se toma los resultados de la análisis granulométrico de la piedra triturada proveniente de Brasil de tamaños 3/4" (brita 1), 5/8" (brita 5/8") y 3/8" (brita cero).

Tabla 34

Combinación de agregado grueso piedra triturada.

Tamiz	Pasante Acumulado (%)			Combinación 15%-60%-25
	Brita 1 (25mm)	Brita 5/8 (19mm)	Brita 0 (12mm)	
1"	100%*0.15	100%*0.60	100,00%*0.25	100.00%
3/4"	87%*0.15	100%*0.60	100%*0.25	98.00%
1/2"	5%*0.15	42%*0.60	100%*0.25	51.00%
3/8"	1%*0.15	6%*0.60	97%*0.25	28.00%
N° 4	0%*0.15	0%*0.60	31%*0.25	8.00%
N° 8	0%*0.15	0%*0.60	1%*0.25	0.00%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 35 se pudo identificar que el tamaño nominal de la combinación de agregado grueso mediante el método del tanteo, queda entre el tamiz 3/4" (19.00 mm) y el tamiz 4 (4.75 mm), a la cual se procederá a verificar si cumplen con los límites de gradación estipulados en la normativa ASTM C33.

Tabla 35

Verificación límites de gradación ASTM C33 combinación agregado grueso.

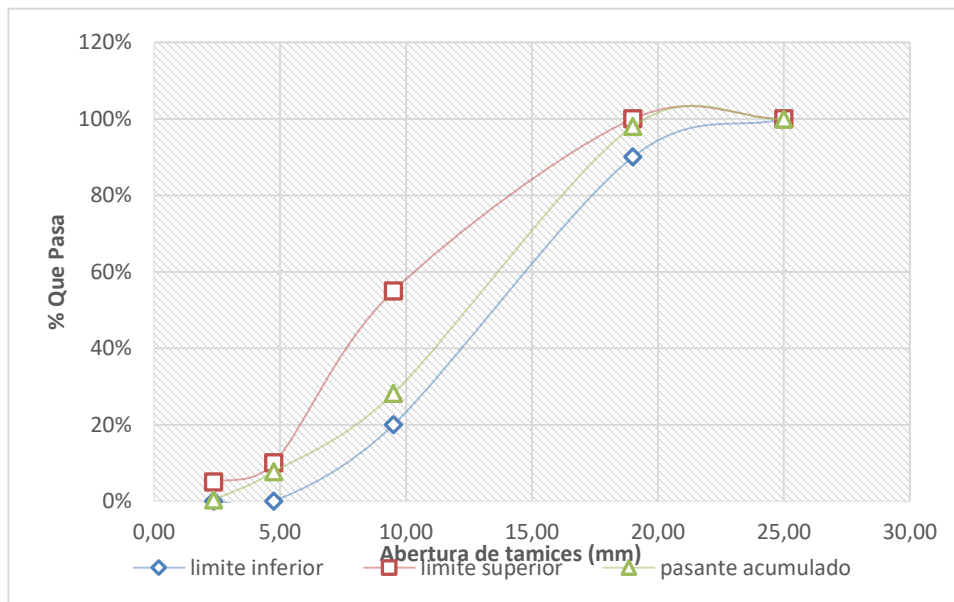
tamiz		Retenido acumulado (%)	Limite Inferior	Pasante acumulado (%)	Limite Superior	Verificación límites ASTM C33
Pulg.	mm					

1"	25,00	0%	100%	100%	100%	Cumple
3/4"	19,00	2%	90%	98%	100%	Cumple
1/2"	12,50					
3/8"	9,50	72%	20%	28%	55%	Cumple
N° 4	4,75	92%	0%	8%	10%	Cumple
N° 8	2,36	100%	0%	0%	5%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Curva granulométrica combinación de agregado grueso.



Fuente. Elaboración propia

La mezcla combinada de agregado grueso en porcentajes 15,60 y 25 satisface con éxito los requisitos de gradación de la ASTM C 33, por lo cual será la combinación de agregado grueso empleado para el diseño de mezcla de hormigón en la presente investigación.

Módulo de finura de una mezcla de agregado grueso. - Se tiene la combinación de agregado grueso entre 3/4" (brita 1), 5/8" (brita 5/8") y 3/8" (brita cero) con los porcentajes de 15, 60 y 25 respectivamente, se procede a determinar el módulo de finura según procedimiento establecido en ASTM C 125.

$$MF_{mag} = \frac{\%(0 + 0 + 2 + 72 + 92 + 100 + 0 + 0 + 0 + 0)}{100} = 2.66$$

M.F. mag = Modulo de finura de la mezcla del agregado grueso = 2.66

COMBINACIÓN AGREGADO FINO. - Para la combinación de los agregados fino se toma los resultados de la análisis granulométrico del Polvo de Brita proveniente de Brasil y Arena del Rio Acre.

Tabla 36

Combinación de agregado fino polvo de brita y arena.

Tamiz	Pasante Acumulado (%)		Combinación 85%-15%
	Polvo de Brita (4.75mm)	Arena Rio Acre (1.18mm)	
3/8"	100*85%	100*15%	100%
N° 04	99*85%	100*15%	99%
N° 08	85*85%	100*15%	87%
N° 16	55*85%	99*15%	62%
N° 30	34*85%	99*15%	44%
N° 50	17*85%	88*15%	28%
N° 100	7*85%	10*15%	7%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 36 se puede identificar que el tamaño nominal de la combinación de agregado fino mediante el método del tanteo, queda entre el tamiz N° 04 (4.75 mm) y el tamiz N° 100 (0.15 mm), a la cual se procederá a verificar si cumplen con los límites de gradación estipulados en la normativa ASTM C33.

Tabla 37

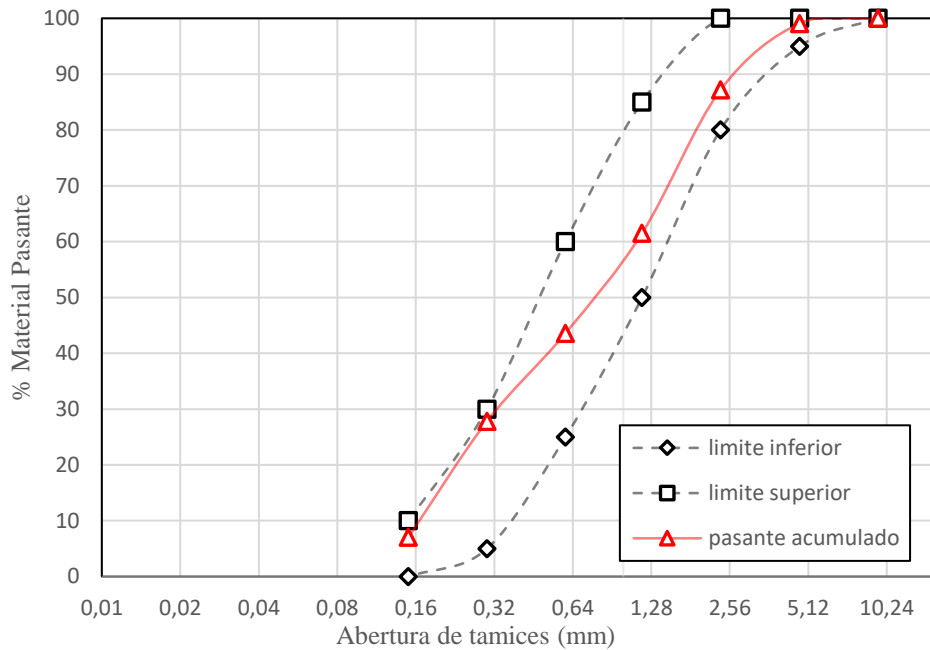
Verificación límites de gradación ASTM C33 combinación agregado fino.

tamiz		Retenido acumulado (%)	Limite Inferior	Pasante acumulado (%)	Limite Superior	Verificación límites ASTM C33
Pulg.	mm					
3/8"	9.50	0%	100%	100%	100%	Cumple
N° 04	4.75	1%	95%	99%	100%	Cumple
N° 08	2.36	13%	80%	87%	100%	Cumple
N° 16	1.18	38%	50%	62%	85%	Cumple
N° 30	0.60	56%	25%	44%	60%	Cumple
N° 50	0.30	72%	5%	28%	30%	Cumple
N° 100	0.15	93%	0%	7%	10%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Curva granulométrica combinación de agregado fino.



Fuente: Elaboración propia

Módulo de finura de una mezcla de agregado fino. - Se tiene la combinación de agregado grueso entre polvo de Brita y Arena del Rio Acre con los porcentajes de 85 y 15 respectivamente, se procede a determinar el módulo de finura según procedimiento establecido en ASTM C 125.

$$MF_{\text{maf}} = \frac{\%(1 + 13 + 38 + 56 + 72 + 93)}{100} = 2.73$$

M.F. maf = Modulo de finura de la mezcla del agregado fino = 2.73

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS GRUESO Y FINO. – Para la caracterización física del agregados gruesos y fino combinado, se procedió a realizar ensayos mediante los métodos estandarizados por las normas ASMT,

en la tabla 38 se presenta los resultados de los ensayos que nos servirán para determinar las cantidades de agregados el diseño de mezcla de hormigón.

Tabla 38

Características físicas de los agregados combinados gruesos y finos.

Característica física	Unidad	Agregado grueso	Agregado Fino
Peso específico Gs	Kg/m ³	2673.50	2244.50
Porcentaje de humedad	%	0.07	0.15
Porcentaje de absorción	%	0.32	1.57
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1561.84	1736.32
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1397.73	1565.61
Tamaño Max. Nominal	mm	19.00	4.75
Módulo de finura	---	2.66	2.73

Fuente: Elaboración propia

3.6.DETERMINAR UN DISEÑO DE MEZCLA CUMPLIENDO CON LOS REQUISITOS DE ACI-211 PARA UN H21

En el presente trabajo se desarrolla la metodología para cuantificar las cantidades de materiales que se utilizan para la preparación de las mezclas de hormigón y su moldeo en las probetas cilíndricas de acuerdo a los requerimientos de las resistencias características y especificaciones técnicas.

3.6.1. DISEÑO DE MEZCLA CON RESISTENCIA DE H 21 USANDO EL METODO ACI – 211.

El campo de aplicación del método (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) ACI – 211.1 se limita a la fabricación de hormigones con dos agregados (grueso y fino), además se toma en cuenta requisitos tales como la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad exigidas para cualquier mezcla de hormigón.

El método americano ACI es el más conocido y ampliamente utilizado. Consiste en seguir, en forma ordenada, una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para 1 m³ de hormigón.

Los factores más importantes que deben considerarse al seleccionar el proporcionamiento de los agregados, obedecen una secuencia propuesta por el Instituto Americano del Concreto (ACI).

Se realizaron los diseños de mezcla para diferentes dosificaciones.

DISEÑO DEL HORMIGON $f_{ck} = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON CEMENTO PORTLAND YURA IP
– 30

Para el diseño y cálculo de las proporciones de la mezcla es necesario tener los datos de las características propias de cada material como ser del cemento y los agregados que han sido ensayados en laboratorio y aprobados bajo las Normas específicas.

INFORMACION REQUERIDA PARA EL DISEÑO DEL HORMIGON CON CEMENTO PORTLAND

Tabla 39
Datos del hormigón

Resistencia característica	21
Tipo de estructuras	Concreto masivo

Tabla 40
Datos de los materiales

Materiales	P. E. kg/m ³	% de Humedad	% de Absorción	P.U.C. kg/m ³	P.U.S. kg/m ³	T. Max. N. (mm)	M. fnr.
Cemento	2850.00	-----	-----	-----	-----		
Agua	1000.00	-----	-----	-----	-----		
A. grueso	2673.50	0.07	0.32	1561.84	1397.73	19.00	2.66
A. Fino	22.44	0.15	1.57	1736.32	1565.61	4.75	2.73

Fuente: Elaboración propia

PASO 1. DETERMINAR LA RESISTENCIA PROMEDIA REQUERIDA EN LABORATORIO (f'_{cr})

Resistencia característica especificada (f'_c) = 210 [kg/cm²]

Tabla 41

Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) cuando no hay datos disponibles de desviación estándar.

Resistencia a compresión especificada f'_c	Resistencia promedio requerida f'_{cr}
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$

Fuente. Tabla 5.3.2.2 ACI 318-2002

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 85 \text{ kg/cm}^2 = 295 \text{ kg/cm}^2$$

PASO 2 SELECCION DE REVENDIMIENTO

Tabla 42

Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas, campanas y muros de subestructura	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	5	2.5

Fuente. Tabla 5.3.2.2 ACI 318-2002

PASO 3 SELECCIÓN TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Debe ser el tamaño máximo que se disponga pero no tiene que pasar los siguientes límites:

- 1/3 de la altura de losas
- 3/4 separación mínima entre armaduras
- 1/5 de la menor dimensión estructural

Por lo tanto, según la granulometría del agregado grueso, corresponde:

Tamaño máximo nominal = 19 mm

PASO 4 ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO Y
CONTENIDO DE AIRE

Tabla 43

Requerimiento de agua y aire incluido para diferentes revenimientos y tamaño máximo de agregado

agua kg/m ³ para el concreto del agregado de tamaño nominal máximo "mm" indicado								
Revenimiento "cm"	3/8" (9.5mm)	1/2" (12.5mm)	3/4" (19mm)	1" (25mm)	1 1/2" (35mm)	2" (50mm)	3" (75mm)	4" (150mm)
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO								
2.5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. de aire, en H° sin aire incluido [%]	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO								
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	---
Cantidad aprox. de aire, en H° con aire incluido [%]	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Tabla 6.3.3 ACI 211.1

Requerimiento de agua = 190 kg/m³

Cantidad aprox. De aire = 2.00 %

PASO 5 ELECCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Tabla 44

Relación Agua/Cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del hormigón

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm ²	Relación agua/cemento (A/C) por peso	
	Hormigón sin aire incluido	Hormigón con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.1

Tabla 45

Relación agua/cemento para una resistencia requerida de 295 kg/cm²

INTERPOLACION		
Lim. Sup	350	0.48
Valor	295	X
Lim. Inferior	280	0.57
Relación agua/cemento (A/C)		0.551

Fuente: Elaboración propia

PASO 6 CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario del agua entre la relación agua/cemento.

$$\text{Cantidad de cemento requerido} = \frac{\text{Requerimiento de agua}}{\text{relacion} \frac{\text{agua}}{\text{cemento}}} = 344.83$$

PASO 7 ESTIMACION DE CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tabla 46

Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigón

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena.			
	2.4	2.6	2.8	3
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Tabla 6.3.6 (a) ACI 211.1

Módulo de finura del agregado fino = 2.73

Tamaño máx. Nominal del agregado = 19 ≈ 20 mm

Peso unitario compactado (P.U.C) = 1561.84 kg/m³

Tabla 47

Volumen unitario de concreto para un módulo de finura de arena de 2.64.

INTERPOLACION		
Lim. Sup	2.80	0.62
Valor	2.73	X
Lim. Inferior	2.60	0.64
volumen unitario del concreto		0.627

Fuente: Elaboración propia

Volumen del agregado grueso = P.U.C * V.U.C = 979.27 kg/m³

PASO 8 ESTIMACION DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Su cantidad es determinada por diferencia. Cualquiera de los dos procedimientos puede ser empleado: el método de peso 8.1 o el método de volumen absoluto 8.2.

8.1 El método de peso

El requerimiento del agregado fino será determinado bajo el concepto de peso y volumen absoluto como se mostrará a continuación.

Por Peso.- El peso requerido del agregado fino es, simplemente, la diferencia entre el peso del hormigón fresco y el peso total de los demás componentes. En ausencia de la información del peso del hormigón fresco, se puede emplear la Tabla 48 para hacer un cálculo tentativo.

Tabla 48

Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Primera estimación del peso del hormigón fresco, kg/m ³	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido

10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2400
70	2465	2400
150	2505	2435

Fuente: Tabla 6.3.7.1 ACI 211.1

Datos que ya son conocidos:

Agua = 190

Cemento = 344.83

Agregado grueso = 979.27

Σ a.c.a = 1514.10

Tamaño máx. Nominal del agregados = 19 \approx 20 mm

Hormigón sin aire incorporado

Estimación del peso del hormigón fresco: 2355 kg/m³

Estimación de la cantidad Agregado Fino:

Peso H° fresco-Peso Componentes = Σ a.c.a - Estimación del peso del hormigón fresco =
840.90 kg

8.2 Por Volumen Absoluto

Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya establecidas, el contenido de agregado fino será la diferencia de 1m³ de hormigón menos el volumen ocupado por el resto de los componentes, como se muestra a continuación:

Tabla 49

Peso del agregado fino por el método de volumen absoluto

Material Gravedad	Gravedad Específica, Gs	Densidad (ρ) [Kg/m ³]	Peso calculado de los Mat. [Kg]	Volumen Peso Mat./ ρ [m ³]
Agua	1	1000	190	0.190
Cemento	2.85	Gs \times γ_w =	345	0.121
Agregado Grueso	2.6735	Gs \times γ_w =	979	0.366

Contenido de Aire Según	2.00%	0.020
Volumen Total de ingredientes, sin el agregado fino		0.697
Volumen de Agregado Fino: 1 - Volumen total de ingredientes =		0.303
Agregado Fino	2.2445	$G_s \times \gamma_w \times \text{Vol. A.F.} = 679.45 \text{ Kg}$

Nota. G_s = Gravedad específica de cada material,

γ_w = Peso específico del agua.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Material	Peso (Kg)
Agua	190
Cemento	344.83
Agregado Grueso Seco	979.27
Agregado Fino Seco	
Calculado Por Peso	840.90
Calculado por Volumen	679.45

Fuente. Elaboración propia

PASO 9 AJUSTES POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Material	Peso Seco (Kg)	% de Humedad	Peso Húmedo (Kg)	% de Absorción	Dif. %h- % Abs.	Agua Aportada (Kg)
Agregado Grueso	979.27	0.070%	980	0.32%	-0.25%	-2.45
Agregado Fino	840.40	0.150%	842	1.57%	-1.42%	-11.96

El agua que se añadirá a la mezcla será:

Tabla 51

El agua que se añadirá a la mezcla será:

Agua calculada	Agua aportada por los agregados	Total Agua Para Mezcla (Kg) A. Calculo - A. Aporte
190	-14.41	204.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52*El resumen de materiales por m³ (método por peso específico)*

Materiales	Peso (kg)	P.U.S kg/m ³	Dosificación
Agua	204	---	204 litros
Cemento	345	---	345 kg
Agregado grueso húmedo	980	1397.73	0.70 m ³
Agregado fino húmedo	842	1565.61	0.54 m ³

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. *DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGON ADICIONANDO SACAROSA*

Una vez ya definido el diseño de mezcla para el hormigón testigo “patrón”, se realiza la mezcla adicionando sacarosa en 3 diferentes porcentajes de 0.03 %, 0.06% y 0.15% con respecto al peso del cemento utilizado en el diseño de mezcla.

En la elaboración de las mezclas, se usaron las mismas proporciones de los materiales, cambiando solamente la cantidad de sacarosa adicionada, donde la sacarosa se adiciona en el agua de mezclado para que pueda diluirse y así pueda tener una distribución homogéneamente en la mezcla.

En el capítulo 4 se observa la cantidad de materiales que se usaron para la elaboración de las 4 mezclas.

3.6.3. *METODO DE ENSAYO, DETERMINACIÓN DE REVENIMIENTO ASTM C*

143

Por medio de la prueba de revenimiento, se identifica la consistencia del hormigón; ésta es una medida de la fluidez de la mezcla de concreto. El revenimiento no mide el contenido de agua o la trabajabilidad del hormigón. Muchos factores, pueden causar que el revenimiento

del hormigón cambie, sin alterar el contenido de agua. Esta norma instituye los procedimientos que ayudan a determinar la consistencia del concreto en estado fresco, mediante el método de ensayo conocido como revenimiento. Este método de ensayo se considera aplicable al hormigón plástico.

El método sirve para hormigones plásticos con agregado grueso de hasta 37.5 mm (1 ½ in) de tamaño.

Si el agregado grueso es mayor a 37.5 mm (1 ½ in) el método de ensayo es aplicable cuando se realiza en la fracción de concreto que pasa por un conducto de 37.5 mm (1 ½ in), con el agregado más grande siendo removido de acuerdo con la sección titulada “Procedimiento Adicional para Concreto con Agregado de Tamaño Máximo Grande” en la Práctica C 172.

El método no se considera aplicable a hormigones no plásticos y no cohesivos

Asentamiento < 15 mm (1/2”) pueden ser no plásticos

Asentamientos > 230mm (9”) pueden ser no cohesivos

Equipo

Cono estándar de revenimiento (10 cm de diámetro en la parte superior por 20 cm de diámetro en la parte inferior, y por 30 cm de altura).

Varilla de punta redondeada (60 cm de largo x 16 mm de diámetro).

Cucharón de lámina galvanizada.

Mazo de hule de 600 ± 200 g, y llana metálica.

Cinta métrica rígida o semirrígida

Probeta de vidrio de 1000 ml de capacidad.

Procedimiento

Humedézcase el interior del cono y colóquese sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente y rígida, y se llena el cono en tres capas.

La primera capa, se introduce al molde aproximadamente $1/3$ de su volumen y 7 cm de altura; se varilla la capa 25 veces en todo su espesor, distribuyendo, uniformemente, los golpes sobre la sección transversal de la capa. Se debe inclinar ligeramente la varilla, empezando cerca del perímetro, continuando en forma de espiral hacia el centro.

La segunda capa, se vierte la mezcla al cono aproximadamente $2/3$ de su volumen, 16 cm de altura aproximadamente; el compactado es similar a la capa anterior. El varillado es de 25 veces en todo su espesor, penetrando ligeramente la capa anterior; también se distribuyen, uniformemente, los golpes en toda la sección transversal.

Para la tercera capa, se llena el concreto acumulando por encima de la parte superior del cono; se procede al varillado 25 veces en todo su espesor, penetrando ligeramente en la segunda capa. Se debe tener hormigón en exceso por encima del cono.

Se enrasa la parte superior de la superficie de concreto con la varilla de compactación, en un movimiento de enrasado, manteniendo presionado sobre el cono; se remueve la mezcla que se haya acumulado alrededor de la base del cono durante el enrasado.

A continuación, se procede a la remoción del cono levantándolo en una dirección vertical constante, sin hacer ningún movimiento lateral o de torsión.

Si ocurriera un claro desplome o partición del concreto, desde un lado o una porción de la masa, se repite la prueba con otra porción de la muestra.

Finalmente, se ubica el cono al revés y la varilla a través del cono volteado, y se mide el revenimiento. Ésta es la distancia vertical entre la parte superior del cono y el centro original

desplazado en la parte superior de la superficie del espécimen. La prueba se realiza sin interrupción, desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde, en un período de 2 ½ minutos.

Consistencia de los hormigones frescos

Las distintas consistencias y los valores límites de los asentamientos correspondientes, medidos en el cono de Abrams de acuerdo con el método del ensayo indicando en la norma NB 87 / UNE 7103, son los siguientes:

Tabla 53

Trabajabilidad del hormigón

Consistencia	Asentamiento, en cm	Tolerancia, en cm	trabajabilidad
Seca	0 – 2	0	Poco trabajable
Plástica	3 – 5	±1	Trabajable
Blanda	6 – 9	±1	Trabajable
fluida	10 - 15	±2	Muy trabajable

Fuente. Norma Boliviana CBH 87

Observaciones

Se realizaron 3 pruebas para las distintas muestras, una muestra de control y 3 experimentales con diferentes porcentajes de adición de sacarosa.

Donde los resultados mostraron una dispersión y variación considerable al incrementarse el contenido de sacarosa, siendo que solo la muestra de control y la muestra con sacarosa del 0.03% dan resultados uniformes, pero con porcentajes de 0.06% y 0.15% se obtienen resultados dispersos.

(VER CAPITULO 4)

3.6.4. **MÉTODO DE PRUEBA. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA ASTM C-31**

Esta práctica cubre los procedimientos para fabricar y curar especímenes de cilindros y vigas a partir de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.

El concreto utilizado para hacer los especímenes moldeados se debe muestrear después de que se hayan hecho todos los ajustes en el sitio a las proporciones de la mezcla, incluida la adición de agua de mezcla y aditivos.

Equipos

Moldes cilíndricos de acero, de dimensiones interiores que son: 150 ± 2 mm ($6 \pm 1/6$ in) de diámetro, 300 ± 6 mm ($12 \pm 1/4$ in), dando cumplimiento a los requisitos de especificación de ASTM C-470/C-470 M.

Mezcladora del concreto, Motorizada y de tambor giratorio, inclinable para mezclar, completamente, las amasadas de las cantidades prescritas al asentamiento requerido.

Cucharón, herramienta adecuada para el llenado del molde; un tamaño grande como para que cada cantidad de hormigón obtenida del recipiente de muestreo sea representativa y, a la vez, pequeño como para que sea depositado dentro del molde, sin ser derramado.

Carretilla, como recipiente de muestreo, limpio y no absorbente.

Varilla de punta redondeada (60 cm de largo x 16 mm de diámetro).

Llana de mano, herramienta de acabado.

Termómetro digital

Muestreo

Las muestras utilizadas para fabricar especímenes de prueba bajo esta norma deben obtenerse de acuerdo con la Práctica C 172 a menos que se haya aprobado un procedimiento alternativo.

Procedimiento

En la elaboración de los especímenes, se realizó usando una mezcladora con capacidad de 350 litros, teniendo separadas las porciones (previamente pesadas) necesarias para cada mezcla. Se procedió a realizar la mezcla, como indica la norma ASTM C-192.

Previa a la iniciación de la rotación de la mezcladora, se adiciona el agregado grueso, y parte del agua de mezclado.

Se enciende la mezcladora, y luego se adiciona el agregado fino, cemento y agua, con la mezcladora funcionando. Se mezcla el hormigón durante 3 min, después que todos los componentes se encuentren en la mezcladora, luego, se deja en reposo durante 3 min y, finalmente, se mezcla por 2 min. Se cubre la parte superior abierta de la mezcladora, para prevenir la evaporación durante el período de reposo.

Se procede a vaciar la mezcla en una carretilla para, posteriormente, llenar los moldes y proceder con las pruebas de caracterización de concreto fresco realizando el muestreo como especifica la norma ASTM C-176 (NB 634).

Se ubica el molde en una superficie rígida a nivelado, sin vibraciones y perturbaciones, en un lugar cerca a la ubicación donde vayan a ser almacenados. Se coloca el hormigón en el molde, moviendo el cucharón alrededor del perímetro de la abertura del molde, para asegurar una distribución pareja del concreto con una segregación mínima. Cada molde de contenido es consolidado en 3 capas, según los requisitos especificados en la tabla 55. Cuando se coloca la capa final, se agrega una cantidad de hormigón que llene el molde, y se complementa la consolidación (tabla 54).

Tabla 54*Requisito método de consolidación*

Asentamiento in. (mm)	Método de consolidación
≥ 1 (25)	Varillado o vibración
< 1 (25)	vibración

Fuente: Normas ASTM C-31**Tabla 55***Requisitos de moldeado por varillado*

Tipo y Tamaño del espécimen cilíndricos diámetro.	Numero de capas de aproximadamente igual profundidad	Numero de golpes de varilla por capa
100 mm (4 in)	2	25
150 mm (6 in)	3	25
225 mm (9 in)	4	50

Fuente: Normas ASTM C-31**Acabado de Cilindros**

La parte superior se enrasa con la varilla metálica con un movimiento similar al del serrucho, retirando el excedente del material; posteriormente, con una llana de mano, se realiza el acabado final.

Almacenamiento inicial

Inmediatamente después de elaborados los especímenes deben transportarse al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el periodo de curado inicial. No debe identificarse en las caras removibles de los moldes. Si la parte superior de la probeta se daña al momento de transportarla, se debe dar un nuevo acabado. Los especímenes deben transportarse al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el período de curado inicial. No debe identificarse en las caras removibles de los moldes. Si la parte superior de la probeta se daña al momento de transportarla, se debe dar un nuevo acabado.

Curado inicial

Inmediatamente acabado, se cubre la parte superior con un material impermeable (plástico), evitando la pérdida de humedad por un período de hasta 24 ± 8 h, en un rango de temperatura entre 16 y 27 °C [60 y 80 °F], en un ambiente protegido de la luz directa del sol

Curado final (retiro de moldes)

Al completar el curado inicial, y dentro de los 30 min después de quitar los moldes, se cura los especímenes con agua libre mantenida sobre sus superficies todo el tiempo, a la temperatura de 23.0 °C, realizando la inmersión en agua, para que cumplan con los requisitos de la Especificación C-511.

Antes de la inmersión en piscina, se procede al marcado de datos que corresponde, número de cilindro, resistencia, tipo de material, y fecha.

3.6.5. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO ASTM C-39

El método de ensayo determina la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón. Consiste en la aplicación de 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. Los resultados de este método de ensayo, son usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado, colocación del hormigón, y uso de aditivos.

Importancia

Se debe tener cuidado en la interpretación de la importancia de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, ya que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón fabricado con materiales determinados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, la dosificación, los

procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeado y fabricación, y las condiciones de edad, temperatura y humedad durante el curado.

Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados de acuerdo con las Prácticas C 31, C 192, C 617 y C 1231 y los Métodos de ensayo C 42 y C 873.

Los resultados de este método de prueba se utilizan como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezcla y colocación del concreto; determinación del cumplimiento de las especificaciones; control para evaluar la eficacia de aditivos y similares usos

Equipo

Máquina o prensa hidráulica, motorizada, de aplicación de carga continua y sin impacto.

Equipo adicional, está compuesto de los siguientes materiales.

Encuadres metálicos, debe ser como mínimo de 30 cm. De longitud, para chequear la perpendicularidad.

Flexómetro, dispositivo para medir.

Procedimiento

Se registran las dimensiones de diámetro y peso del cilindro, y se limpian las superficies; las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga son cabeceadas con tapas de almohadillas de neopreno, conforme a la norma ASTM C-1231. Las cubiertas de almohadilla de neopreno, se pueden utilizar para medir las resistencias del concreto entre 1.500 y 7.000 psi (10 a 50 MPa).

Para el ensayo de rotura, las cabezas del cilindro de prueba se alinean con su eje, cuidadosamente, con el centro de la placa de carga con asiento esférico; mientras, la placa superior se baja hacia el espécimen, teniendo un contacto suave y uniforme.

Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. Se aplica la carga hasta que aparezca la falla de ruptura, registrándola en el informe las lecturas de la carga y resistencia; también, se calcula la resistencia a la compresión del cilindro, dividiendo la carga axial máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinada con el diámetro medido.

Se registra el tipo de ruptura. La fractura vertical es un patrón común de ruptura.

Figura 37
Rotura de probetas



Fuente: Elaboración propia

3.6.6. ANALISIS ESTADISTICO SEGÚN LA GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN (ACI 214RS-11).

En la Guía Para la Evaluación de Resultados de Ensayos de Resistencia del hormigón (ACI 214RS-11), se empieza examinando las fuentes de variabilidad entre tandas en la producción

de hormigón, seguida de las fuentes de variabilidad dentro de cada tanda, así también donde presentan las herramientas estadísticas que se usan para analizar y evaluar la variabilidad del hormigón y determinar el cumplimiento de una determinada especificación.

Para el análisis de los datos de resistencia se requirió un número suficiente de ensayos para determinar en forma precisa la variación de la resistencia del concreto y permitir la aplicación de procedimientos estadísticos apropiados para la interpretación de los resultados de los ensayos. Los procedimientos estadísticos proporcionaron una base sólida para la determinación de la calidad potencial y la resistencia del concreto y para la presentación de los resultados en la forma más útil.

Los cilindros de concreto que se usaron para medir la resistencia para la aceptación contractual fueron muestreados (ASTM C172/C172M), fabricados, curados según la norma (ASTM C31 /C31M), y probados (ASTM C39/C39M) bajo condiciones altamente controladas.

Para la comprobación de los resultados que garanticen certeza y confiabilidad se evaluó de acuerdo a los siguientes parámetros: los datos de la resistencia a compresión tienen un tiempo de fraguado de 28 días, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

La evaluación de los resultados de resistencia del hormigón mediante un análisis estadístico de los datos, están establecidos por la guía ACI 214 mediante una metodología de control donde se analizan la desviación estándar y el coeficiente de variación en función a las siguientes tablas.

Tabla 56

Estándares de control de la desviación estándar del lote de muestras hormigón $f'c' \leq 35 \text{ MPa}$.

Variación general

clase de operación	Desviación estándar de diferentes estándares de control, MPA (lb/pulg ² .)				
	excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
ensayos generales de construcción	por debajo de 400 (por debajo de 2.8)	400 a 500 (2.8 a 3.4)	500 a 600 (3.4 a 4.1)	600 a 700 (4.1 a 4.8)	por encima de 700 (por encima de 4.8)
tandas de ensayo en laboratorio	por debajo de 200 (por debajo de 1.4)	200 a 250 (1.4 a 1.7)	250 a 300 (1.7 a 2.1)	300 a 350 (2.1 a 2.4)	por encima de 350 (por encima de 2.4)

Las variaciones de la desviación estándar dentro de los resultados del mismo lote pueden ser a causa de los siguientes factores:

- 1.- Variación en las características de los materiales de la mezcla
- 2.- Variaciones en las proporciones de los ingredientes de la mezcla

Fuente: (ACI 214R-11)

Tabla 57

Estándares de control del coeficiente de variación entre muestras hormigón $f'c' \leq 35 \text{ MPa}$

variación dentro de la tanda					
clase de operación	coeficiente de diferentes estándares de control, %				
	excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
ensayos de control de obra	por debajo de 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	por encima de 6.0
tandas de ensayo en laboratorio	por debajo de 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	por encima de 5.0

Las variaciones del coeficiente de variación entre muestras dentro de un lote pueden ser a causa de los siguientes factores:

- 1.- Muestreo inadecuado de la muestra
- 2.- Condiciones deficientes (moldes de mala calidad)
- 3.- Diferencia en el curado (manejos bruscos)
- 4.- Variación en la prueba de resistencia (equipos no certificados)

Fuente: (ACI 214R-11)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MUESTRA DE CONTROL (0% SACAROSA)

Resistencia a compresión especificada $f'c$	210.00	Kg/cm ²
	21.00	MPa
Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida	295.00	Kg/cm ²
	29.50	MPa

N° Ensayo	Resistencia Compresión				D.S. dentro de la tanda	\bar{X} móvil 3 ensayos	Criterios de Aceptación	
	7 días	14 días	28 días				Prom. de 3 > $f'c$	Ensayo > $f'c-3.5MPa$
1	M-C	172,31	275,53	276,50	27,12	32,11		SI
2	M-C	160,43	271,03	308,61	30,26	14,92		SI
3	M-C	175,77	282,51	293,69	28,80	1,84	292,93	SI
4	M-C	158,29	202,66	295,53	28,98	1,73	299,28	SI
5	M-C	168,31	259,21	293,80	28,81	11,12	294,34	SI
6	M-C	182,18	266,51	304,92	29,90	6,54	298,08	SI
7	M-C	160,62	295,00	311,46	30,54	9,07	303,39	SI
8	M-C	214,32	235,61	302,39	29,65	4,58	306,26	SI
9	M-C	241,41	276,08	306,97	30,10	1,98	306,94	SI
10	M-C	208,81	268,29	304,99	29,91	16,75	304,78	SI
11	M-C	175,32	270,82	288,24	28,27	23,33	300,07	SI
12	M-C	177,98	268,08	311,57	30,56	3,88	301,60	SI
13	M-C	206,63	276,97	307,69	30,17	14,28	302,50	SI
14	M-C	180,15	257,93	293,41	28,77	13,83	304,22	SI
15	M-C	192,35	268,87	307,24	30,13	30,74	302,78	SI
	$\bar{X} =$	184,99	265,01	300,47	29,47	12,45		

Número de ensayos en la muestra	n	15,00	N° de intervalos de clase	K	4,88	Factor de mod. S	α	1,16
Resistencia mínima	X_{min}	276,50	Ancho intervalo de clase	C	7,18	S corregido Kg/cm2	S_{corr}	11,53
Resistencia máxima	X_{max}	311,57	Promedio	\bar{X}	300,47	S corregido MPa	S_{corr}	1,13
Rango de datos	R_x	35,07	Desviación estándar	S	9,94	Coefficiente de variación	CV	3,84%

Evaluación del procedimiento de obtención de muestras

Desviación estándar S	9,94	factor de corrección	1,16	desviación estándar corregida	1,13
coeficiente de variación CV	3,84%				
1,- De acuerdo al valor de las desviaciones estándar obtenido, la operación en el laboratorio se la considera:					Excelente
Promedio de rangos	12,45	Desviación estándar dentro del ensayo S_1	11,03	Coefficiente de variación CV_1	3,67%
2,- De acuerdo al coeficiente de variación, el control en la toma de muestra. Curado, y ensayo se la considera:					Buena

Cumplimiento de los requisitos de resistencia

El promedio móvil de 3 ensayos consecutivos, debe ser igual o superior a la resistencia especificada $f'c$	100%
Ningún ensayo individual puede estar $f'c -3,5$ Mpa por debajo de la resistencia especificada	100%

Análisis de resistencia

El ACI 318, indica que la probabilidad aceptada de que los requisitos de resistencia no se cumplan es del 1%

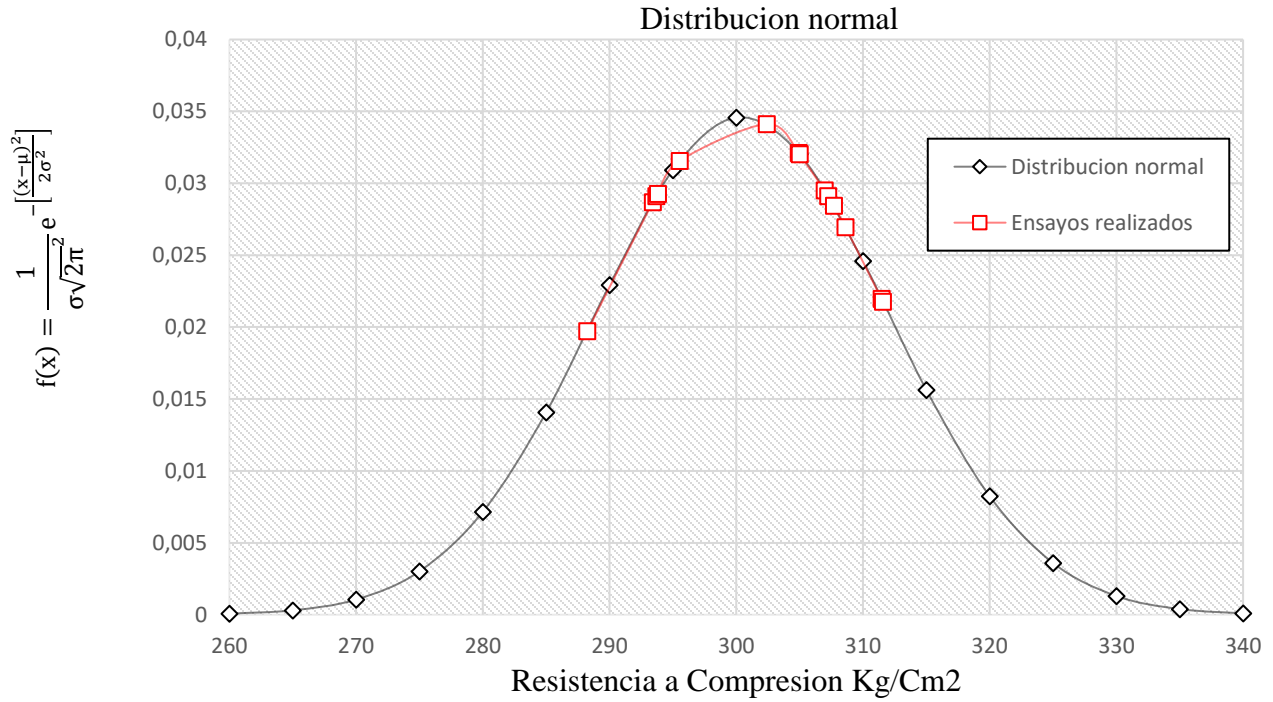
Resistencia promedio requerida	29,47	MPa	$f'c$ que garantiza este diseño	25,94	MPa
	300,47	kg/cm2		264,50	kg/cm2

Porcentaje de resultados bajos esperados en el diseño de mezcla utilizados	0,09%	Resistencia promedio requería para el diseño de mezcla	22,52	Mpa
	< 0,1%		229,59	kg/cm2
Sobre diseño promedio del hormigón			8,47	Mpa
			86,33	kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Figura 38

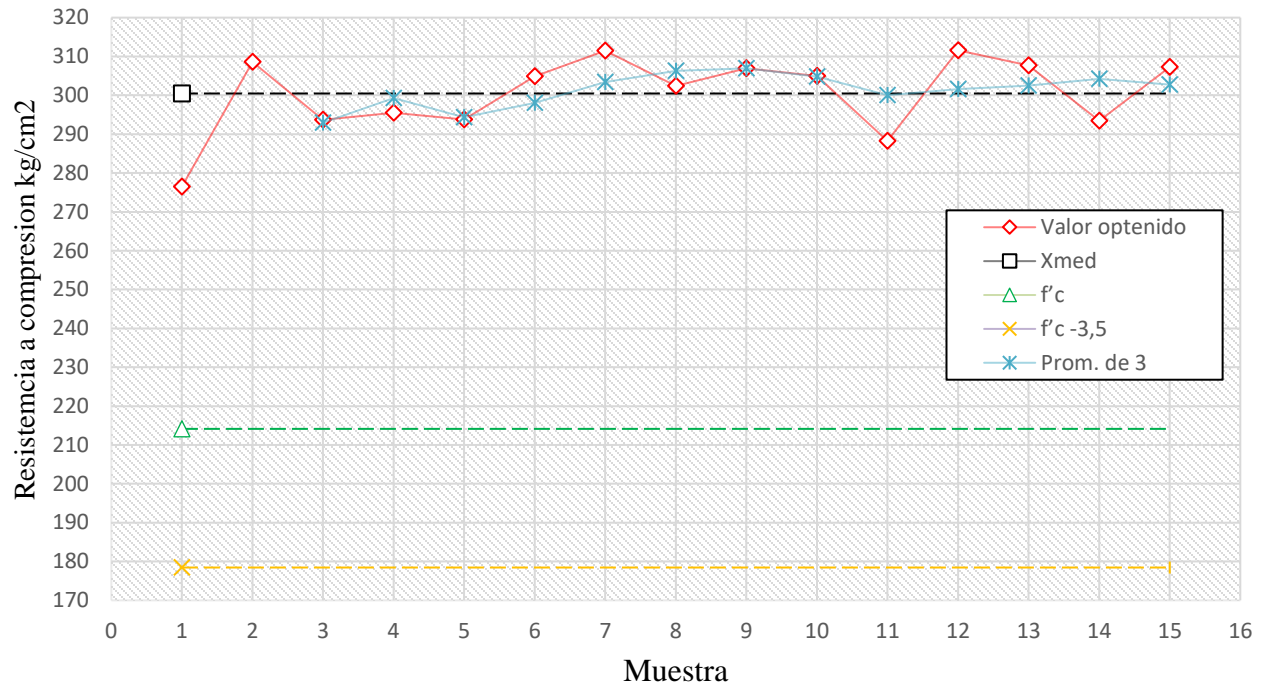
Distribución normal de la muestra de control



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

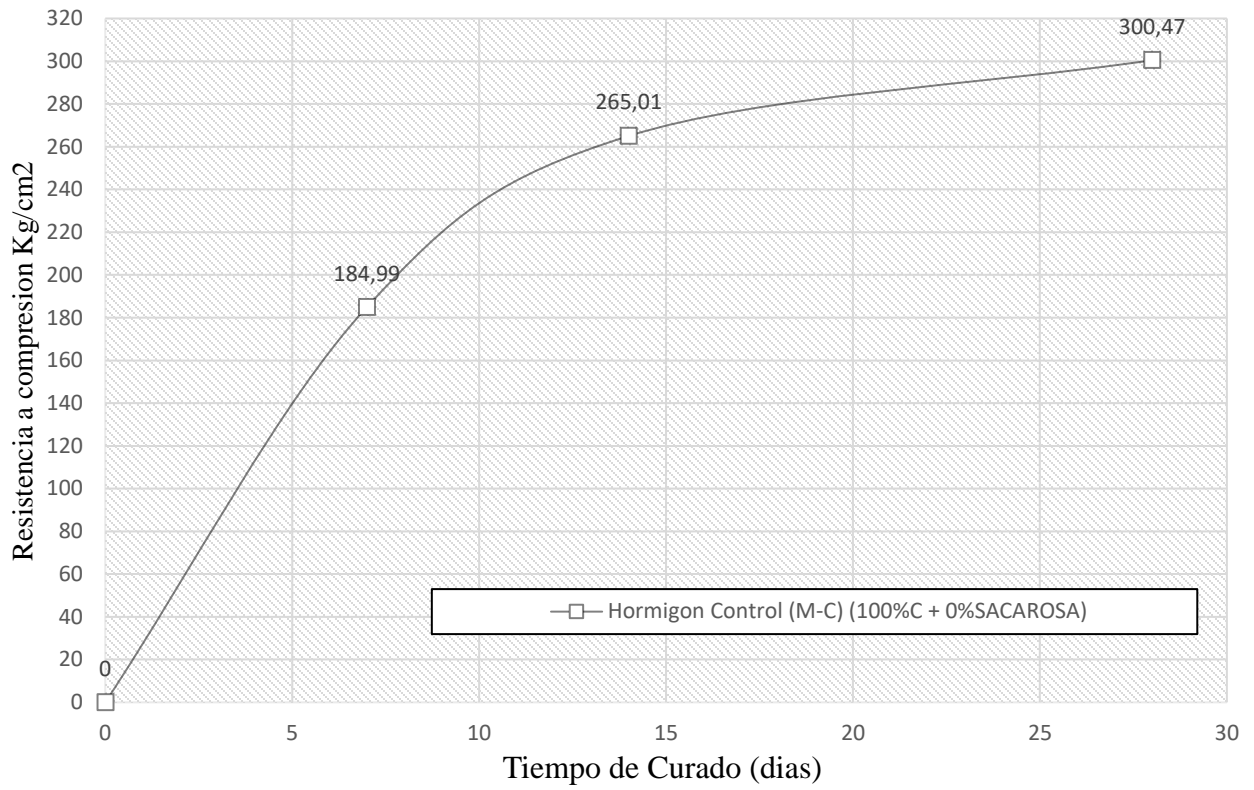
Criterios de aceptación



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Curva de madurez del hormigón de control



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

4. .RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se hace la presentación y el análisis de resultados mediante gráficos y tablas realizados con el programa Excel para una mejor comprensión.

4.1. TIEMPO DE FRAGUADO EN LA PASTA DE CEMENTO

Los resultados obtenidos en el Método de prueba estándar para tiempo de fraguado del cemento hidráulico por Vicat según norma ASTM C191, muestran una gran cantidad de datos para cada muestra, debido a que cada 15 min se toma la lectura del Vicat.

Se realizó 4 muestras de pasta de cemento, la cual uno es la muestra patrón (sin sacarosa) y las experimentales añadiendo 3 porcentajes diferentes con aditivo orgánico de sacarosa.

Se realizó 10 pruebas de cada muestra, donde para resumir y conocer los resultados más importantes de este ensayo que es el tiempo inicial y final del fraguado.

Se presenta la siguiente tabla y gráficos, analizando y comparando los resultados según la norma ASTM C 191 como lo muestran las gráficas.

Tabla 58

Resumen de resultados del tiempo de fraguado de la pasta de cemento de las 4 muestras

Muestra	N° de prueba	T. del ambiente	T. del agua	Inicio de fraguado			Final del fraguado		
				Min	Hora	Promedio	Min	Hora	Promedio
con 0% de sacarosa	1	23 °c	23 °c	315	05:15	05:04:30 hr	390	06:30	06:12:00 hr
	2	25 °c	23 °c	300	05:00		360	06:00	
	3	25 °c	23 °c	285	04:45		360	06:00	
	4	25 °c	23 °c	315	05:15		375	06:15	
	5	25 °c	23 °c	300	05:00		375	06:15	
	6	25 °c	23 °c	300	05:00	304.50 min	375	06:15	372 min
	7	25 °c	23 °c	315	05:15		375	06:15	
	8	25 °c	23 °c	300	05:00		375	06:15	
	9	25 °c	23 °c	300	05:00		360	06:00	
	10	25 °c	23 °c	315	05:15		375	06:15	

con 0.03% de sacarosa	1	25 °c	23 °c	405	06:45	06:48:00 hr	480	08:00	07:43:30 hr
	2	25 °c	23 °c	390	06:30		450	07:30	
	3	25 °c	23 °c	390	06:30		450	07:30	
	4	25 °c	23 °c	405	06:45		450	07:30	
	5	25 °c	23 °c	420	07:00		465	07:45	
	6	25 °c	23 °c	405	06:45	408.00 min	450	07:30	463.50 min
	7	25 °c	23 °c	420	07:00		480	08:00	
	8	25 °c	23 °c	420	07:00		480	08:00	
	9	25 °c	23 °c	405	06:45		465	07:45	
	10	25 °c	23 °c	420	07:00		465	07:45	
con 0.06% de sacarosa	1	25 °c	23 °c	885	14:45	15:24:00 hr	1125	18:45	18:24:00 hr
	2	25 °c	23 °c	915	15:15		1140	19:00	
	3	25 °c	23 °c	975	16:15		1110	18:30	
	4	25 °c	23 °c	975	16:15		1110	18:30	
	5	25 °c	23 °c	930	15:30		1095	18:15	
	6	25 °c	23 °c	915	15:15	924.00 min	1095	18:15	1104 min
	7	25 °c	23 °c	930	15:30		1125	18:45	
	8	25 °c	23 °c	930	15:30		1095	18:15	
	9	25 °c	23 °c	900	15:00		1080	18:00	
	10	25 °c	23 °c	885	14:45		1065	17:45	
con 0.15% de sacarosa	1	25 °c	24 °c	945	15:45	17:04:30 hr	1260	21:00	22:06:00 hr
	2	25 °c	23 °c	945	15:45		1245	20:45	
	3	25 °c	23 °c	1140	19:00		1335	22:15	
	4	25 °c	23 °c	1035	17:15		1305	21:45	
	5	25 °c	23 °c	945	15:45		1290	21:30	
	6	25 °c	23 °c	1020	17:00	1024.5 min	1365	22:45	1326 min
	7	25 °c	23 °c	975	16:15		1290	21:30	
	8	25 °c	23 °c	960	16:00		1320	22:00	
	9	25 °c	23 °c	1155	19:15		1425	23:45	
	10	25 °c	23 °c	1125	18:45		1425	23:45	

Fuente. Elaboración propia

Según la norma ASTM C191, la precisión de los datos (desviación estándar) de un solo operador dentro del laboratorio es de 12 min para el tiempo inicial de fraguado, y 20 min para el tiempo final de fraguado.

Desviación estándar D_s : se usara la siguiente fórmula para saber la desviación estándar de cada muestra.

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds= Desviación estándar

x= tiempo de fraguado

\bar{x} = tiempo de fraguado promedio

N= número de pruebas

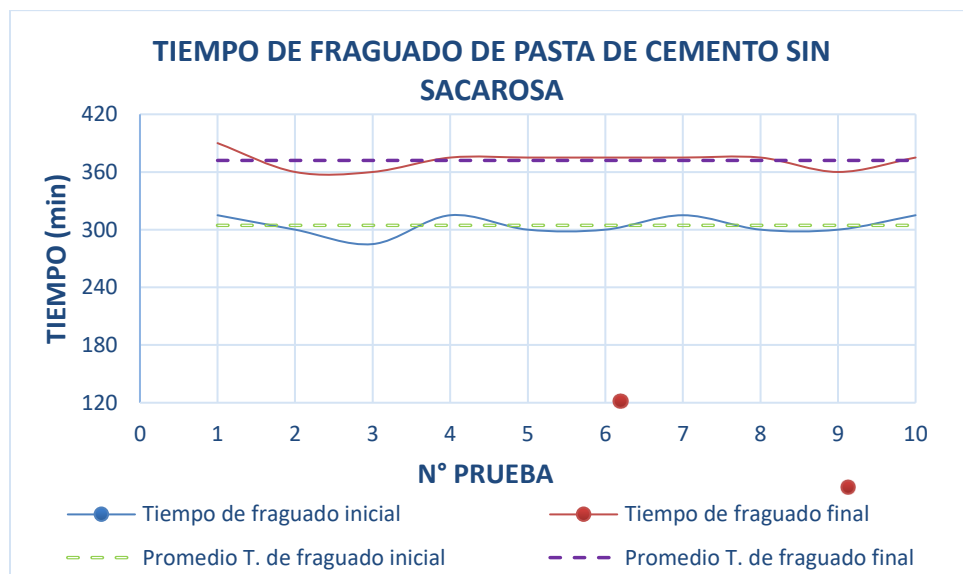
En la figura 41 se observa la muestra patrón sin aditivo orgánico de sacarosa y la dispersión de datos del tiempo de fraguado inicial y final, donde tienen una desviación estándar de:

Tiempo de fraguado inicial= 10.12 min

Tiempo de fraguado final= 9.48 min

Figura 41

Tiempo de fraguado de la muestra de control donde se observa la dispersión de datos de la media



Fuente: Elaboración propia

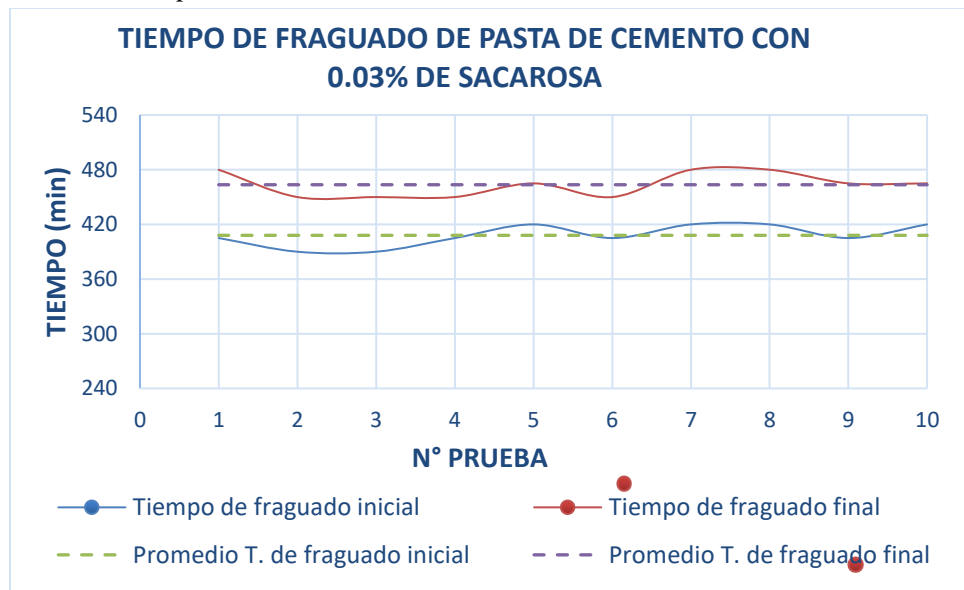
En la figura 42 se observa la muestra experimental 1 con 0.03% de aditivo orgánico de sacarosa y la dispersión de datos del tiempo de fraguado inicial y final, donde tienen una desviación estándar de:

Tiempo de fraguado inicial= 11.83 min

Tiempo de fraguado final= 13.13 min

Figura 42

Tiempo de fraguado de la muestra experimental 1 con 0.03% de sacarosa donde se observa la dispersión de datos de la media



Fuente: Elaboración propia

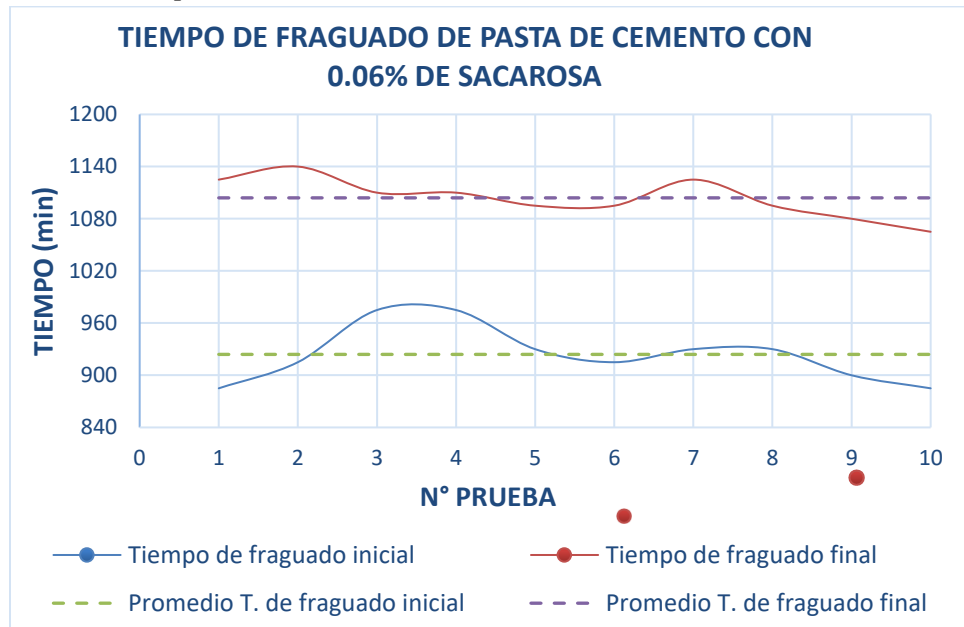
En la figura 43 se observa la muestra experimental 2 con 0.06% de aditivo orgánico de sacarosa y la dispersión de datos del tiempo de fraguado inicial y final, donde tienen una desviación estándar de:

Tiempo de fraguado inicial= 31.78 min

Tiempo de fraguado final= 22.58 min

Figura 43

Tiempo de fraguado de la muestra experimental 2 con 0.06% de sacarosa donde se observa la dispersión de datos de la media



Fuente: Elaboración propia

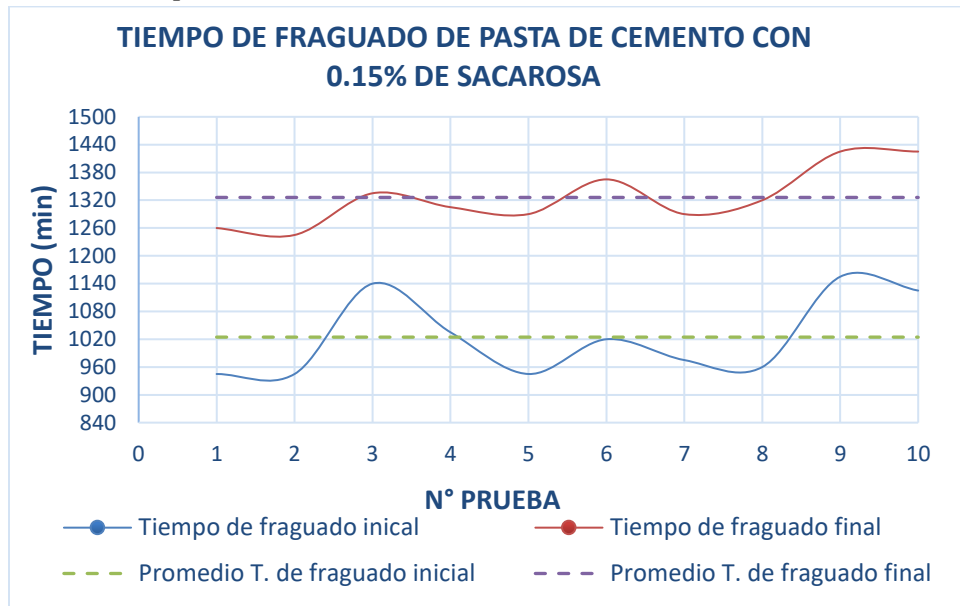
En la figura 44 se observa la muestra experimental 3 con 0.15% de aditivo orgánico de sacarosa y la dispersión de datos del tiempo de fraguado inicial y final, donde tienen una desviación estándar de:

Tiempo de fraguado inicial= 85.75 min

Tiempo de fraguado final= 62.53 min

Figura 44

Tiempo de fraguado de la muestra experimental con 0.15% de sacarosa donde se observa la dispersión de datos de la media

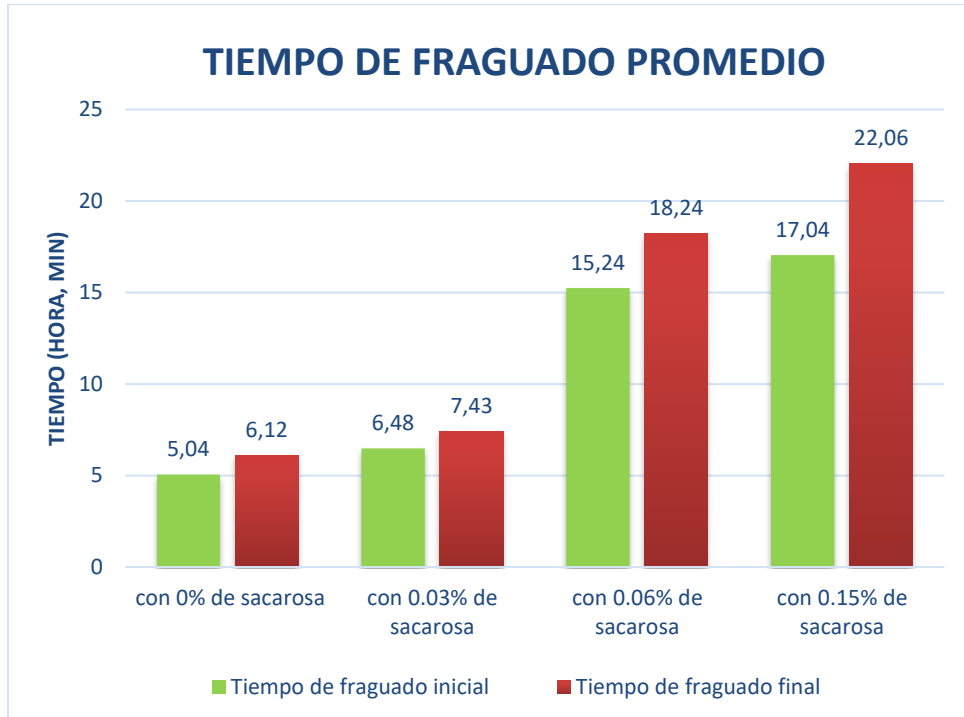


Fuente: Elaboración propia

En la figura 45 se puede observar como el aditivo orgánico de sacarosa influye en el tiempo de fraguado inicial y final de la pasta de cemento.

Figura 45

Influencia de la sacarosa en el tiempo de fraguado inicial y final



tiempo retardado (horas)			
sacarosa añadida	0.03%	0.06%	0.15%
fraguado inicial	01:44	10:20	12:00
fraguado final	01:31	12:12	15:24

Fuente: Elaboración propia

4.2. DISEÑO DE MEZCLA

Se realizó 4 diseños de mezcla buscando la resistencia promedia requerida.

En el Anexo A se detalla las cantidades del diseño de mezcla de prueba utilizados en la presente investigación para lograr obtener una $F'_{cr} = 295 \text{ Kg/cm}^2$.

En las tablas 59 y 60 se observan un resumen de datos de los materiales y sus resultados de cada mezcla.

Tabla 59

Cantidades de materiales para los diseños de mezcla

Combinación de agregados usados en las mezcla							
Agregados gruesos: brita 1 → 15%, brita 5/8 → 60% y brita 0 → 25%							
Agregados delgados: polvo de brita → 85% y arena → 15%							
Cantidad de materiales usados en las mezclas							
N° de prueba	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Cemento (kg)	Agua (lts)	Relación A/C	Slump diseño (cm)	Observaciones
1	980	842	345	204	0.551	5	Calculo de agregado fino por peso especifico
2	980	680	345	202	0.551	5	Calculo de agregado fino por volumen
3	980	666	363	202	0.523	5	Calculo de agregado fino por volumen y reduciendo la relación a/c al 95%
4	980	650	383	202	0.496	5	Calculo de agregado fino por volumen y reduciendo la relación a/c al 90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

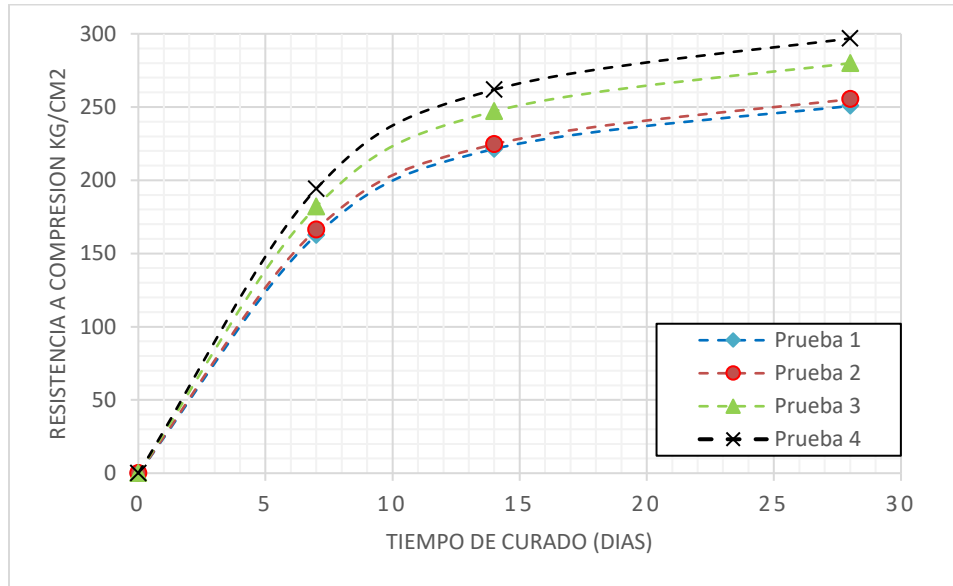
Resultados de los diseño de mezcla

N° de prueba	Slump obtenido	Resistencia a compresión (kg/cm ²)						Observación	
		N° de prueba	7 días		14 días		28 días		
			Resistencia	Prom.	Resistencia	Prom	Resistencia		Prom.
1	4	1	161.70	162.6	220.31	221.4	249	250.8	No cumple
		2	163.50		221.15		250		
		3	162.54		222.80		253		
2	3.5	1	158.10	166.4	214.84	224.6	243	255.4	No cumple
		2	169.25		227.00		260		
		3	171.95		231.88		263		
3	3	1	178.25	182.0	242.10	247.1	274	280	No cumple
		2	187.98		255.50		290		
		3	179.80		243.86		276		
4	2.5	1	193.36	194.2	261.28	261.9	296.36	296.9	Cumple
		2	194.98		262.51		297.40		
		3	194.15		261.98		296.98		

Fuente: Elaboración propia

Figura 46

Resultados de las pruebas del diseño de mezcla.



Fuente: Elaboración propia

4.3.DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGON ADICIONANDO SACAROSA

Tabla 61

Materiales para las mezclas del hormigón y las 3 experimentales con sacarosa.

Descripción	Testigo "patrón"	Muestra Experimental 1	Muestra Experimental 2	Muestra Experimental 3
% de sacarosa	0%	0.03%	0.06%	0.15%
Cantidad en Kg /cm3				
Sacarosa	0	0.1149	0.2298	0.5745
Cemento	383	383	383	383
Agua	202	202	202	202
Agregado grueso	980	980	980	980
Agregado fino	650	650	650	650
Relación A/C	0.496	0.496	0.496	0.496

Fuente: Elaboración propia

4.4.ASENTAMIENTO

Existe un claro efecto en el asentamiento del hormigón conforme aumenta el porcentaje de sacarosa, así como se observa en la tabla 62:

Tabla 62

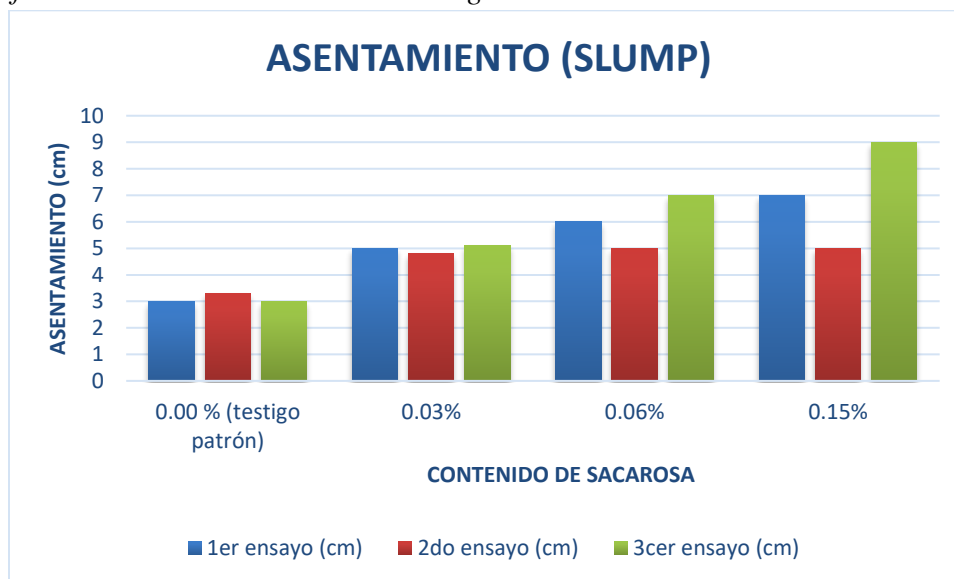
Efectos en el asentamiento del hormigón con sacarosa

Asentamiento (slump)					
Contenido de sacarosa	1er ensayo (cm)	2do ensayo (cm)	3cer ensayo (cm)	Slump promedio	Trabajabilidad
0.00 % (testigo patrón)	3	3.3	3	3.1	Poco trabajable
0.03 %	5	4.8	5.1	5	Trabajable
0.06 %	6	5	7	6	Trabajable
0.15%	7	5	9	7	Trabajable

Fuente: Elaboración propia

Figura 47

Efectos en el asentamiento del hormigón con sacarosa



Fuente: Elaboración propia

4.5. RESISTENCIA Y ANALISIS ESTADISTICO

Se requirió un número suficiente de ensayos para determinar en forma precisa la variación de la resistencia del concreto y permitir la aplicación de procedimientos estadísticos apropiados para la interpretación de los resultados de los ensayos. Los procedimientos estadísticos proporcionaron una base sólida para la determinación de la calidad potencial y la resistencia del concreto y para la presentación de los resultados en la forma más útil.

En el anexo B, se detalla los resultados obtenidos en la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto como indica la norma ASTM C-39

En el Anexo C, se detallan el proceso de cálculo de la distribución normal e histogramas de frecuencia para el hormigón de control M-C y los hormigones experimentales M-E con diferentes porcentajes de sacarosa, donde se sigue el procedimiento de análisis estadístico según la Guía Para la Evaluación de Resultados de Ensayos de Resistencia del hormigón (ACI 214RS-11).

En la tabla n° se observa el resumen de resultados de la muestra de control y las muestras experimentales así como la variación que hay entre las mismas

Tabla 63

resumen de resultados de la muestra de control y las muestras experimentales así como la variación que hay entre las mismas.

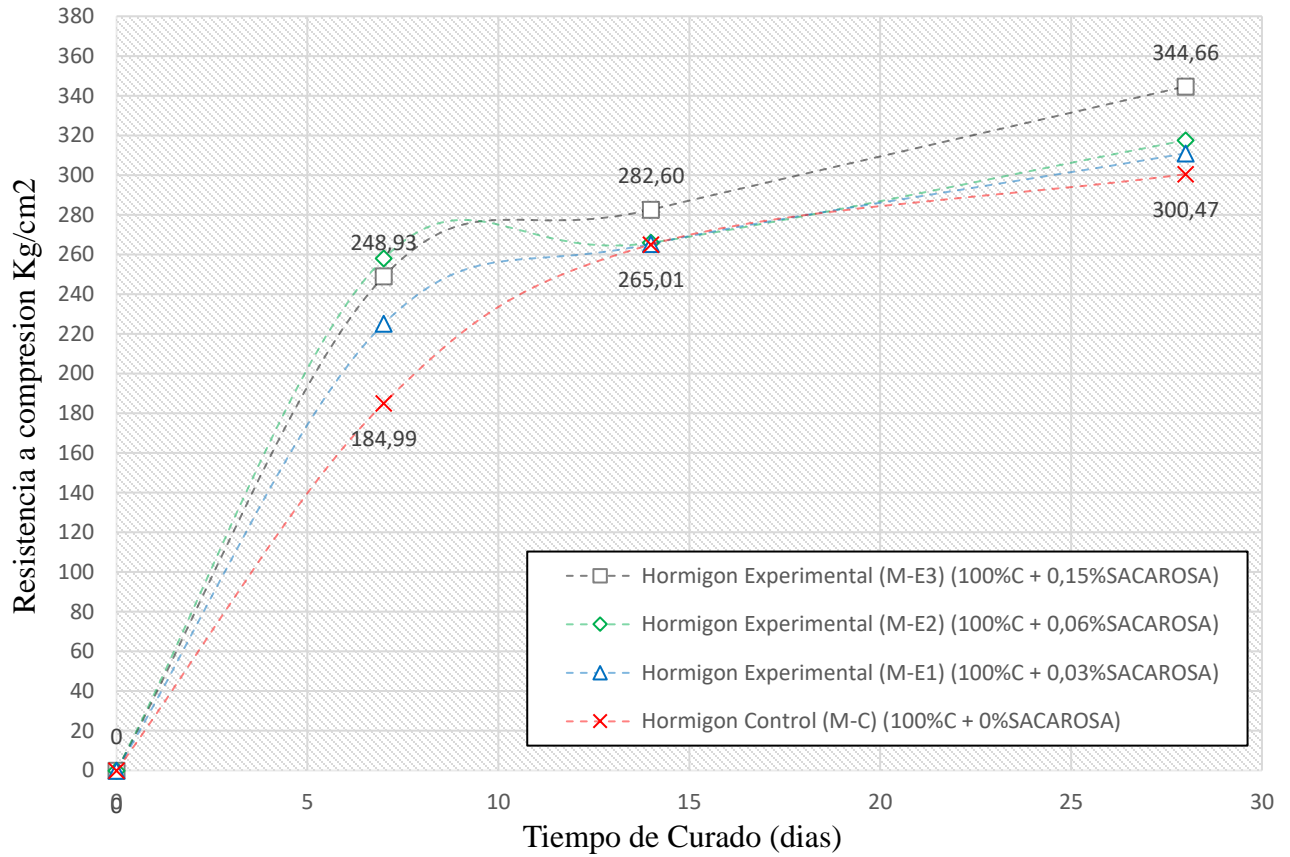
Tipo de Hormigón	Tiempo de curado (Días) Resistencia promedio requerida kg/cm ²			Porcentaje de variación	Incremento (+) Reducción (-) respecto al H° de control
	7	14	28		
Hormigón Control (M-C) (0% SACAROSA)	184,99	265,01	300,47	100%	
Hormigón Experimental 1(M-E1) (0,03% SACAROSA)	225,08	265,35	310,93	103,48%	+3,48%

Hormigón Experimental 2 (M-E2) (0,06% SACAROSA)	258,03	265,91	317,55	105,68%	+5,68%
Hormigón Experimental 3 (M-E3) (0,15% SACAROSA)	248,93	282,60	344,66	114,71%	+14,71%

Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Curva de madurez del hormigón según tipo



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

A continuación, presentamos las conclusiones obtenidas de la presente investigación:

1. Al hacer el análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos, se observó que no cumplían con los límites establecidos por la norma ASTM C – 136, razón por la cual se hizo la combinación de agregados para obtener agregados con una adecuada gradación.
2. Para el diseño de mezcla ACI 211, donde determinamos las cantidades de materiales, que componen la mezcla de hormigón para un H21, mediante ensayos de prueba se pudo identificar que para la selección de la cantidad de agregado fino, el mejor procedimiento empleado fue, el cálculo por volumen, obteniendo mejores resultados en la resistencia a la compresión de dicha mezcla diseñada. En el desarrollo de las pruebas se pudo observar que necesariamente se tuvo que modificar la relación agua/cemento reduciendo en un 5 % a la cantidad calculada mediante el procedimiento ACI 211, obteniendo la resistencia a compresión requerida.
3. Para un porcentaje de 0.03% de sacarosa. (sabiendo que en el diseño de mezcla se tiene 383 kg de cemento y 202 litros de agua para un m³ de hormigón). A esta, se le añadirá 0.115 kg de sacarosa, donde para incorporarla a la mezcla del hormigón, se prosiguió en dos pasos: primeramente se hizo la solubilidad de sacarosa en un recipiente con igual cantidad de agua que la misma, es decir, se usó 0.115 litros de agua con una temperatura de 100°C. para que pueda diluirse en poco tiempo y no

quede gramos sin disolver, una vez ya disuelta la sacarosa se prosigue añadir al agua restante, es decir a los 201.88 litros de agua, mezclándola bien para que quede homogénea y así se pueda incorporar a la mezcla del concreto.

4. La sacarosa tiene propiedades retardantes de fraguado, el cual va retardando el inicio y final de fraguado conforme va aumentando el % de sacarosa. Donde se observó que el 0.03% de sacarosa es la mejor opción para trabajar bajo control teniendo una desviación estándar aceptable dentro de lo que indica la norma ASTM C191 , cumpliendo también los requisitos y parámetros de la norma ASTM C494 para aditivos Tipo B, mientras que los porcentajes de 0.06 y 0.15 retardan mucho más de lo permitido y saliéndose de control ya que no retardan gradualmente, si no, de lo contrario empieza a retardar bruscamente, añadiendo a eso que la desviación estándar de los ensayos realizados salen muy altos, demostrando así que no son los porcentajes adecuados para usar en estos porcentajes de 0.06 y 0.15 como un aditivo orgánico retardante ya que no cumplen con la norma ASTM C 191 Y ASTM C494.

5. En el ensayo de consistencia mediante el método del cono Abrams se demostró que la muestra experimental con 0.03% de sacarosa muestra uniformidad en sus resultados, ya que en los 3 ensayos realizadas de la misma, no varía, reafirmando así el control de este porcentaje al trabajar. Sin embargo las muestras experimentales de 0.06 y 0.15 por ciento de sacarosa, no son uniformes dando una variación en los resultados confirmando así que las muestras experimentales de 0.06 y 0.15 por ciento no están bajo control ya que no es constante la consistencia de dichas muestras.

6. En los resultados que se obtuvo en la rotura de probetas se puede evidenciar que la sacarosa no solo no disminuía su resistencia a la compresión, si no, que aumenta de acuerdo al porcentaje de sacarosa añadido, cumpliendo así con la norma ASTM C494 TIPO B, y validando los resultados con un análisis estadístico según la guía Para la evaluación de resultados de ensayos de Resistencia del hormigón (ACI 214RS-11).

5.2.RECOMENDACIONES

1. se recomienda realizar el ensayo de tiempo de fraguado de mezclas de concreto por penetración a resistencia como indica la norma ASTM C 403 para obtener datos más precisos en el ensayo de tiempo de fraguado.
2. Debido al enfoque que se ha dado en la investigación, no se ha considerado los vacíos que se podrían generar en el hormigón por lo tanto, se recomienda realizar ensayos de volumen de vacíos en el hormigón según la norma ASTM C 642.
3. Estudiar la influencia en otras propiedades del concreto a lo propuesto en esta investigación, tal como es, la exudación, permeabilidad, contenido de aire, fluidez.
4. No utilizar la sacarosa como aditivo en la construcción sin previa realización de una mezcla de prueba, esto para conocer el comportamiento que tendrá la misma, con los agregados y el cemento.

5.3.BIBLIOGRAFIA

- ACI 214R-11. (s.f.). Guía para la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del hormigón. *ACI 214R-11*. ACI, EE.UU.
- ASTM C - 403. (1999). *TIEMPO DE FRAGUADO EN MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACION*.
- ASTM C- 187. (1998). *CONSISTENCIA NORMAL DE CEMENTO*.
- CRESPO, MARIELA VIVIAN QUIROZ; SALAMANCA OSUNA, LUCAS ESTEBAN;. (2006). *APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE “TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN”*. COCHABAMBA.
- ESTELA SANTIAGO PATRICIO. (2011). *Diferentes Tipos de Aditivos Para Concreto*. VERACRUZ.
- Gaviña, G. (s.f.). *muybio.com*.
- Gomez Fuente, M. (2011). *Notas del Curso: Análisis de requerimientos*. Mexico: Publidisa Mexicana.
- Guillén, J. C. (2017). *AZÚCAR COMO ADITIVO RETARDANTE Y MODIFICADOR DE RESISTENCIA PARA MEZCLAS DE CONCRETO*. Guatemala.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tenesi, J. (2004). DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO. En S. H. Kosmatka, *DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO* (pág. 471). Mexico: Portland Cement Association.
- NB 011, N. B. (1995). *Cemento - Definiciones, clasificación y especificaciones*. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad.
- Quispe Villca, Y. W. (2018). “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL

CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA”. *TESIS DE GRADO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, PUNO, PERU.

Reyes, J. F., & Maestra Nora Vasco. (2016). GLUCOSA Y FRUCTOSA.

RUIZ, A. L. (1963). NUEVAS APORTACIONES SOBRE EL EFECTO DE LA ADICION DE PEQUEÑAS CANTIDADES DE SACAROSA AL AGUA DE AMASADO DE HORMIGONES DE CEMENTO PORTLAND. *QUIMICA E INDRUSTRIA*.

Safráñez, C. (2019). Características de los principales aditivos químicos para hormigones y morteros y su empleo en la construcción. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC*.

SENAMHI. (s.f.). *senamhi.gob.bo*. Obtenido de SENAMHI.

CAPITULO VI

6. ANEXOS

6.1.ANEXO A: DISEÑO DOSIFICACION DE HORMIGON

DISEÑO DOSIFICACION DE HORMIGON

METODO DE LA A.C.I. (Del Comité 211.1)

tipo de
Hormigon: H 21
Tipo de
estructura: concreto masivo

I).- DE LOS MATERIALES

Materiales	P. E. kg/m3	% de Humedad	% de Absorcion	P.U.C. kg/m3	P.U.S. kg/m3	T. Max. N. (mm)	M. fnr.
Cemento	2850.00	-----	-----	-----	-----		
Agua	1000.00	-----	-----	-----	-----		
A. grueso	2673.50	0.07	0.32	1561.84	1397.73	19.00	2.66
A. Fino	2244.50	0.15	1.57	1736.32	1565.61	4.75	2.73

II).- DETERMINACION RESISTENCIA MEDIA REQUERIDA EN LABORATORIO (f'_{cr})

Resistencia característica especificada (f'_c) = 210 [kg/cm²]

Tabla 2. Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) cuando no hay datos disponibles de desviación estándar.

Resistencia a compresión especificada f'_c	Resistencia promedio requerida f'_{cr}
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$

fuente: Tabla 5.3.2.2 ACI 318-2002

Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) = Como $210 \leq f'_c \leq 350$; $f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$ 295 [kg/cm²]

III).- SELECCIÓN DE REVENIMIENTO

Tabla 3 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas, campanas y muros de subestructura	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5

Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	5	2.5

Fuente: Tabla 6.3.1 ACI 211.1

Tipo de estructura:	concreto masivo	Maximo 5.00 Cm	Minimo 2.50 Cm	Adoptado 5.00 Cm
---------------------	-----------------	-------------------	-------------------	---------------------

IV).- SELECCIÓN TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

De granulometría del agregado grueso, corresponde el tamaño máximo nomina T. Max. N. = 19 mm

IV).- ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

TABLA 2: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO

Tabla 4. Requerimiento de agua y aire incluido para diferentes revenimientos y tamaño maximo de agregado

Agua Kg/m3 de hormigon Según tamaño Maximo de Agregado								
	3/8" (9,5 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/4" (19 mm)	1" (25 mm)	1 1/2" (35 mm)	2" (50 mm)	3" (75 mm)	4" (150 mm)
Revenimiento (mm)	Hormigon sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. de aire, en H° sin aire incluido [%]	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Revenimiento (mm)	Hormigon con aire incluido							
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	---
Cantidad aprox. de aire, en H° con aire incluido [%]	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Tabla 6.3.3 ACI 211.1

Se tiene un H° : **Hormigon Sin Aire Incorporado**

De la selección del revenimiento se tiene que el valor esta entre 25 a 50 De la granulometría se tiene un Tam. max. Nominal = 19 mm

Requerimiento de agua kg/m3 = 190.00 Cantidad Aprox. de Aire incluido = 2.00%

V).- SELECCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Tabla 5 Relación Agua/Cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del hormigon

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm2	Relación agua/cemento (A/C) por peso
---	--------------------------------------

	Hormigon sin aire incluido	Hormigon con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.1

Resistencia promedio requerida $f'_{cr} =$	295	[kg/cm ²]	Lim. Superior	350	0.48	Valor Interpolado (A/C)
			Valor	295	X	
			Lim. Inferior	280	0.57	0.551

VI).- CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario del agua entre la relación agua/cemento

$$\text{Cantidad Cemento Requerido} = \frac{\text{Requerimiento de agua}}{\text{A/C}} = 344.83$$

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tabla 6 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigon

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena.			
	2.4	2.6	2.8	3
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.8	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tamaño máx. nominal de agregado :	20.00	[mm]	Lim. Superior	2.80	0.62	Valor Interpolado (V.U.H.)
Modulo de finura agregado fino :	2.73		Valor	2.73	X	
Peso Unitario Compactado (P.U.C.):	1561.84	[Kg/m ³]	Lim. Inferior	2.60	0.64	0.627
Volumen de Agregado Grueso: P.U.C. * V.U.H=				979.27	[Kg/m ³]	

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGRAGADO FINO

El requerimiento del agregado fino sera determinado bajo el concepto de peso y volumen absoluto como se mostrará a continuación

Por Peso.- El peso requerido del agregado fino es, simplemente, la diferencia entre el peso del hormigon fresco y el peso total de los demás componentes.

En ausencia de la información del peso del hormigon fresco, se puede emplear la Tabla 7 para hacer un cálculo tentativo

Tabla 7 Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo	Primera estimación del peso del hormigon fresco, kg/m ³
---------------	--

nominal de agregado (mm)	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2400
70	2465	2400
150	2505	2435

Fuente: Tabla 6.3.7.1 ACI 211.1

Pesos que ya son conocidos:		Tamaño máx. nominal de agregado :	Estimación del peso del hormigon fresco:
Agua	190.00	20.00 [mm]	2355 [Kg/m3]
Cemento	344.83	Contenido de aire:	Estimacion de la cantidad Agragado Fino:
Aragado Grueso	979.27	Hormigon Sin Aire Incorporado	Peso H° fresco-Peso Componentes: 840.90 Kg
	1514.10		

Por Volumen Absoluto.- Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya establecidas, el contenido de agregado fino será la diferencia de 1m3

de hormigón menos el volumen ocupado por el resto de los componentes, como se muestra a continuación:

Material Gravedad	Gravedad Específica, Gs	Densidad (ρ) [Kg/m3]	Peso calculado de los Mat. [Kg]	Volumen Peso Mat./ρ [m3]
Agua	1	1000	190	0.190
Cemento	2.85	2850	345	0.121
Agregado Grueso	2.6735	2674	979	0.366
Contenido de Aire Según		2.00%		0.020
Volumen Total de ingredientes, sin el agregado fino				0.697
Volumen de Agregado Fino: 1 - Volumen total de ingredientes =				0.303
Agregado Fino	2.2445	Gs × γw x Vol. A.F. = 679.45 Kg		

Gs = Gravedad específica de cada material

γw = Peso específico del agua.

El resumen de cantidades de cada material por m3 de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)
Agua	190.00
Cemento	344.83
Agregado Grueso Seco	979.27
Agregado Fino Seco	
Calculado Por Peso	840.90
Calculado por Volumen	679.45

VIII).- AJUSTES POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Materiales	Peso Seco (Kg)	% de Humedad	Peso Humedo (Kg)	% de Absorsion	Dif. %h-%Abs.	Agua Aportada (Kg)
Agregado Grueso	979.27	0.070%	980	0.32%	-0.25%	-2.45
Agregado Fino	840.90	0.150%	842	1.57%	-1.42%	-11.96

El agua que se añadirá a la mezcla será:

Agua calculada	Agua aportada por los agregados	Total Agua Para Mezcla (Kg) A. Calculo - A. Aporte
190.00	-14.41	204.41

El resumen de cantidades de cada material por m3 de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)	P.U.S. kg/m3	Docificacion
Agua	204	-----	204 litros
Cemento	345	-----	345 Kilogramos
Agregado Gueso Humedo	980	1397.73	0.70 Metro Cubicos
Agregado Fino Humedo	842	1565.61	0.54 Metro Cubicos

DISEÑO DOSIFICACION DE HORMIGON

METODO DE LA A.C.I. (Del Comité 211.1)

tipo de
Hormigon: H 21
Tipo de
estructura: concreto masivo

I).- DE LOS MATERIALES

Materiales	P. E. kg/m ³	% de Humedad	% de Absorcion	P.U.C. kg/m ³	P.U.S. kg/m ³	T. Max. N. (mm)	M. fnr.
Cemento	2850.00	-----	-----	-----	-----		
Agua	1000.00	-----	-----	-----	-----		
A. grueso	2673.50	0.07	0.32	1561.84	1397.73	19.00	2.66
A. Fino	2244.50	0.15	1.57	1736.32	1565.61	4.75	2.73

II).- DETERMINACION RESISTENCIA MEDIA REQUERIDA EN LABORATORIO (f'_{cr})

Resistencia caracteristica especificada (f'_c) = 210 [kg/cm²]

Tabla 2. Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) cuando no hay datos disponibles de desviación estándar.

Resistencia a compresión especificada f'_c	Resistencia promedio requerida f'_{cr}
$f'_c < 210$ kg/cm ²	$f'_{cr} = f'_c + 70$ kg/cm ²
210 kg/cm ² $\leq f'_c \leq 350$ kg/cm ²	$f'_{cr} = f'_c + 85$ kg/cm ²
$f'_c \geq 350$ kg/cm ²	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 50$ kg/cm ²

fuente: Tabla 5.3.2.2 ACI 318-2002

Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) = Como $210 \leq f'_c \leq 350$; $f'_{cr} = f'_c + 85$ kg/cm² 295 [kg/cm²]

III).- SELECCIÓN DE REVENIMIENTO

Tabla 3 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas, campanas y muros de subestructura	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	5	2.5

Fuente: Tabla 6.3.1 ACI 211.1

Tipo de estructura:	concreto masivo	Maximo	Minimo	Adoptado
		5.00 Cm	2.50 Cm	5.00 Cm

IV).- SELECCIÓN TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

De granulometría del agregado grueso, corresponde el tamaño máximo nominal T. Max. N. = 19 mm

IV).- ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

TABLA 2: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO

Tabla 4. Requerimiento de agua y aire incluido para diferentes revenimientos y tamaño máximo de agregado

Agua Kg/m ³ de hormigon Según tamaño Maximo de Agregado								
	3/8" (9,5 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/4" (19 mm)	1" (25 mm)	1 1/2" (35 mm)	2" (50 mm)	3" (75 mm)	4" (150 mm)
Revenimiento (mm)	Hormigon sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. de aire, en H° sin aire incluido [%]	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Revenimiento (mm)	Hormigon con aire incluido							
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	---
Cantidad aprox. de aire, en H° con aire incluido [%]	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Tabla 6.3.3 ACI 211.1

Se tiene un H° : **Hormigon Sin Aire Incorporado**

De la selección del revenimiento se tiene que el valor esta entre (mm) =

25 a 50

De la granulometria se tiene un Tam. max. Nominal =

19 mm

Requerimiento de agua kg/m³ = 190.00

Cantidad Aprox. de Aire incluido = 2.00%

V).- SELECCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Tabla 5 Relación Agua/Cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del hormigon

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm ²	Relación agua/cemento (A/C) por peso	
	Hormigon sin aire incluido	Hormigon con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.1

Resistencia promedio requerida f'cr =

295

[kg/cm²]

Lim. Superior

350

Valor

295

Lim. Inferior

280

0.48

X

0.57

Valor Interpolado (A/C)

0.551

VI).- CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario del agua entre la relación agua/cemento

$$\text{Cantidad Cemento Requerido} = \frac{\text{Requerimiento de agua}}{A/C} = 344.83$$

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tabla 6 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigon

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena.			
	2.4	2.6	2.8	3
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.8	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tamaño máx. nominal de agregado :	20.00	[mm]	Lim. Superior	2.80	0.62	Valor Interpolado (V.U.H.)
Modulo de finura agregado fino :	2.73		Valor	2.73	X	
Peso Unitario Compactado (P.U.C.):	1561.84	[Kg/m3]	Lim. Inferior	2.60	0.64	0.627
Volumen de Agregado Grueso: P.U.C. * V.U.H=				979.27	[Kg/m3]	

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGRAGADO FINO

El requerimiento del agregado fino sera determinado bajo el concepto de peso y volumen absoluto como se mostrará a continuación

Por Peso.- El peso requerido del agregado fino es, simplemente, la diferencia entre el peso del hormigon fresco y el peso total de los demás componentes.

En ausencia de la información del peso del hormigon freesco, se puede emplear la Tabla 7 para hacer un cálculo tentativo

Tabla 7 Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Primera estimación del peso del hormigon fresco, kg/m3	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2400
70	2465	2400
150	2505	2435

Fuente: Tabla 6.3.7.1 ACI 211.1

Pesos que ya son conocidos:	Tamaño máx. nominal de agregado :	Estimación del peso del hormigon fresco:
Agua 190.00	20.00 [mm]	2355 [Kg/m3]

Cemento	344.83	Contenido de aire:	Estimacion de la cantidad Agragado Fino:
Agragado			Peso H° fresco-Peso
Grueso	979.27	Hormigon Sin Aire Incorporado	Componentes: 840.90 Kg
	1514.10		

Por Volumen Absoluto.- Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya establecidas, el contenido de agregado fino será la diferencia de 1m³

de hormigón menos el volumen ocupado por el resto de los componentes, como se muestra a continuación:

Material Gravedad	Gravedad Especifica, Gs	Densidad (ρ) [Kg/m ³]	Peso calculado de los Mat. [Kg]	Volumen Peso Mat./ρ [m ³]
Agua	1	1000	190	0.190
Cemento	2.85	2850	345	0.121
Agregado Grueso	2.6735	2674	979	0.366
Contenido de Aire Según		2.00%		0.020
Volumen Total de ingredientes, sin el agregado fino				0.697
Volumen de Agregado Fino: 1 - Volumen total de ingredientes =				0.303
Agregado Fino	2.2445	Gs × γw × Vol. A.F. = 679.45 Kg		

Gs = Gravedad específica de cada material

γw = Peso específico del agua.

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)
Agua	190.00
Cemento	344.83
Agregado Grueso Seco	979.27
Agregado Fino Seco	
Calculado Por Peso	840.90
Calculado por Volumen	679.45

VIII).- AJUSTES POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Materiales	Peso Seco (Kg)	% de Humedad	Peso Humedo (Kg)	% de Absorsion	Dif. %h-%Abs.	Agua Aportada (Kg)
Agregado Grueso	979.27	0.070%	980	0.32%	-0.25%	-2.45
Agregado Fino	679.45	0.150%	680	1.57%	-1.42%	-9.66

El agua que se añadirá a la mezcla será:

Agua calculada	Agua aportada por los agregados	Total Agua Para Mezcla (Kg) A. Calculo - A. Aporte
190.00	-12.11	202.11

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)	P.U.S. kg/m ³	Docificacion
Agua	202	-----	202 litros
Cemento	345	-----	345 Kilogramos
Agregado Grueso Humedo	980	1397.73	0.70 Metro Cubicos
Agregado Fino Humedo	680	1565.61	0.43 Metro Cubicos

DISEÑO DOSIFICACION DE HORMIGON

METODO DE LA A.C.I. (Del Comité 211.1)

tipo de
Hormigon: H 21
Tipo de
estructura: concreto masivo

I).- DE LOS MATERIALES

Materiales	P. E. kg/m ³	% de Humedad	% de Absorción	P.U.C. kg/m ³	P.U.S. kg/m ³	T. Max. N. (mm)	M. fnr.
Cemento	2850.00	-----	-----	-----	-----		
Agua	1000.00	-----	-----	-----	-----		
A. grueso	2673.50	0.07	0.32	1561.84	1397.73	19.00	2.66
A. Fino	2244.50	0.15	1.57	1736.32	1565.61	4.75	2.73

II).- DETERMINACION RESISTENCIA MEDIA REQUERIDA EN LABORATORIO (f'_{cr})

Resistencia característica especificada (f'_c) = 210 [kg/cm²]

Tabla 2. Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) cuando no hay datos disponibles de desviación estándar.

Resistencia a compresión especificada f'_c	Resistencia promedio requerida f'_{cr}
$f'_c < 210$ kg/cm ²	$f'_{cr} = f'_c + 70$ kg/cm ²
210 kg/cm ² $\leq f'_c \leq 350$ kg/cm ²	$f'_{cr} = f'_c + 85$ kg/cm ²
$f'_c \geq 350$ kg/cm ²	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 50$ kg/cm ²

fuelle: Tabla 5.3.2.2 ACI 318-2002

Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) = Como $210 \leq f'_c \leq 350$; $f'_{cr} = f'_c + 85$ kg/cm² 295 [kg/cm²]

III).- SELECCIÓN DE REVENIMIENTO

Tabla 3 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas, campanas y muros de subestructura	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	5	2.5

Fuelle: Tabla 6.3.1 ACI 211.1

	Maximo	Minimo	Adoptado
Tipo de estructura: concreto masivo	5.00 Cm	2.50 Cm	5.00 Cm

IV).- SELECCIÓN TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

De granulometría del agregado grueso, corresponde el tamaño máximo nominal

T. Max. N. = 19 mm

IV).- ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

TABLA 2: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO

Tabla 4. Requerimiento de agua y aire incluido para diferentes revenimientos y tamaño máximo de agregado

Agua Kg/m3 de hormigon Según tamaño Maximo de Agregado								
	3/8" (9,5 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/4" (19 mm)	1" (25 mm)	1 1/2" (35 mm)	2" (50 mm)	3" (75 mm)	4" (150 mm)
Revenimiento (mm)	Hormigon sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. de aire, en H° sin aire incluido [%]	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Revenimiento (mm)	Hormigon con aire incluido							
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	---
Cantidad aprox. de aire, en H° con aire incluido [%]	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Tabla 6.3.3 ACI 211.1

Se tiene un H° : **Hormigon Sin Aire Incorporado**

De la selección del revenimiento se tiene que el valor esta entre 25 a 50 (mm) =

De la granulometría se tiene un Tam. max. Nominal = 19 mm

Requerimiento de agua kg/m3 = 190.00

Cantidad Aprox. de Aire incluido = 2.00%

V).- SELECCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Tabla 5 Relación Agua/Cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del hormigon

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm2	Relación agua/cemento (A/C) por peso	
	Hormigon sin aire incluido	Hormigon con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.1

Resistencia promedio requerida $f'_{cr} =$	295	[kg/cm ²]	Lim. Superior	350	0.48	Valor Interpolado (A/C)	0.523	95%
			Valor	295	X			
			Lim. Inferior	280	0.57			

VI).- CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario del agua entre la relación agua/cemento

$$\text{Cantidad Cemento Requerido} = \frac{\text{Requerimiento de agua}}{A/C} = 362.98$$

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tabla 6 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigon

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena.			
	2.4	2.6	2.8	3
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.8	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tamaño máx. nominal de agregado :	20.00	[mm]	Lim. Superior	2.80	0.62	Valor Interpolado (V.U.H.)
Modulo de finura agregado fino :	2.73		Valor	2.73	X	
Peso Unitario Compactado (P.U.C.):	1561.84	[Kg/m ³]	Lim. Inferior	2.60	0.64	0.627
Volumen de Agregado Grueso: P.U.C. * V.U.H=				979.27	[Kg/m ³]	

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGRAGADO FINO

El requerimiento del agregado fino sera determinado bajo el concepto de peso y volumen absoluto como se mostrará a continuación

Por Peso.- El peso requerido del agregado fino es, simplemente, la diferencia entre el peso del hormigon fresco y el peso total de los demás componentes.

En ausencia de la información del peso del hormigon freesco, se puede emplear la Tabla 7 para hacer un cálculo tentativo

Tabla 7 Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Primera estimación del peso del hormigon fresco, kg/m ³	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2400
70	2465	2400

150	2505	2435
-----	------	------

Fuente: Tabla 6.3.7.1 ACI 211.1

Pesos que ya son conocidos:		Tamaño máx. nominal de agregado :	Estimación del peso del hormigón fresco:
Agua	190.00	20.00 [mm]	2355 [Kg/m3]
Cemento	362.98	Contenido de aire:	Estimación de la cantidad Agregado Fino:
Agregado Grueso	979.27	Hormigón Sin Aire Incorporado	Peso H° fresco-Peso Componentes: 822.75 Kg
	<u>1532.25</u>		

Por Volumen Absoluto.- Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya establecidas, el contenido de agregado fino será la diferencia de 1m³

de hormigón menos el volumen ocupado por el resto de los componentes, como se muestra a continuación:

Material Gravedad	Gravedad Específica, Gs	Densidad (ρ) [Kg/m ³]	Peso calculado de los Mat. [Kg]	Volumen Peso Mat./ρ [m ³]
Agua	1	1000	190	0.190
Cemento	2.85	2850	363	0.127
Agregado Grueso	2.6735	2674	979	0.366
Contenido de Aire Según		2.00%		0.020
Volumen Total de ingredientes, sin el agregado fino				0.704
Volumen de Agregado Fino: 1 - Volumen total de ingredientes =				0.296
Agregado Fino	2.2445	Gs × γw × Vol. A.F. = 665.16 Kg		

Gs = Gravedad específica de cada material

γw = Peso específico del agua.

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)
Agua	190.00
Cemento	362.98
Agregado Grueso Seco	979.27
Agregado Fino Seco	
Calculado Por Peso	822.75
Calculado por Volumen	665.16

VIII).- AJUSTES POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Materiales	Peso Seco (Kg)	% de Humedad	Peso Humedo (Kg)	% de Absorción	Dif. %h-%Abs.	Agua Aportada (Kg)
Agregado Grueso	979.27	0.070%	980	0.32%	-0.25%	-2.45
Agregado Fino	665.16	0.150%	666	1.57%	-1.42%	-9.46

El agua que se añadirá a la mezcla será:

Agua calculada	Agua aportada por los agregados	Total Agua Para Mezcla (Kg) A. Calculo - A. Aporte
190.00	-11.91	201.91

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)	P.U.S. kg/m ³	Docificación
Agua	202	-----	202 litros
Cemento	363	-----	363 Kilogramos

Agregado Grueso Humedo	980	1397.73	0.70	Metro Cubicos
Agregado Fino Humedo	666	1565.61	0.43	Metro Cubicos

DISEÑO DOSIFICACION DE HORMIGON

METODO DE LA A.C.I. (Del Comité 211.1)

tipo de Hormigon: H 21
 Tipo de estructura: concreto masivo

I).- DE LOS MATERIALES

Materiales	P. E. kg/m3	% de Humedad	% de Absorción	P. U. C. kg/m3	P. U. S. kg/m3	T. Max. N. (mm)	M. fnr.
Cemento	2850.00	-----	-----	-----	-----		
Agua	1000.00	-----	-----	-----	-----		
A. grueso	2673.50	0.07	0.32	1561.84	1397.73	19.00	2.66
A. Fino	2244.50	0.15	1.57	1736.32	1565.61	4.75	2.73

II).- DETERMINACION RESISTENCIA MEDIA REQUERIDA EN LABORATORIO (f'_{cr})

Resistencia característica especificada (f'_c) = 210 [kg/cm²]

Tabla 2. Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) cuando no hay datos disponibles de desviación estándar.

Resistencia a compresión especificada f'_c	Resistencia promedio requerida f'_{cr}
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$

fuentes: Tabla 5.3.2.2 ACI 318-2002

Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) = Como $210 \leq f'_c \leq 350$; $f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$ 295 [kg/cm²]

III).- SELECCIÓN DE REVENIMIENTO

Tabla 3 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas, campanas y muros de subestructura	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	5	2.5

Fuente: Tabla 6.3.1 ACI 211.1

Tipo de estructura:	concreto masivo	Maximo	Minimo	Adoptado
		5.00 Cm	2.50 Cm	5.00 Cm

IV).- SELECCIÓN TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

De granulometría del agregado grueso, corresponde el tamaño máximo nomina

T. Max. N. = 19 mm

IV).- ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

TABLA 2: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO

Tabla 4. Requerimiento de agua y aire incluido para diferentes revenimientos y tamaño maximo de agregado

Agua Kg/m3 de hormigon Según tamaño Maximo de Agregado								
	3/8" (9,5 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/4" (19 mm)	1" (25 mm)	1 1/2" (35 mm)	2" (50 mm)	3" (75 mm)	4" (150 mm)
Revenimiento (mm)	Hormigon sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. de aire, en H° sin aire incluido [%]	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Revenimiento (mm)	Hormigon con aire incluido							
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	---
Cantidad aprox. de aire, en H° con aire incluido [%]	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Tabla 6.3.3 ACI 211.1

Se tiene un H° : **Hormigon Sin Aire Incorporado**

De la selección del revenimiento se tiene que el valor esta entre (mm) =

25 a 50

De la granulometria se tiene un Tam. max. Nominal =

19 mm

Requerimiento de agua kg/m3 = 190.00

Cantidad Aprox. de Aire incluido = 2.00%

V).- SELECCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Tabla 5 Relación Agua/Cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del hormigon

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm2	Relación agua/cemento (A/C) por peso	
	Hormigon sin aire incluido	Hormigon con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Tabla 6.3.4 (a) ACI 211.1

Resistencia promedio requerida f'cr =

295

[kg/cm2]

Lim. Superior

350

0.48

Valor

295

X

Lim. Inferior

280

0.57

Valor Interpolado (A/C)

0.496

90%

VI).- CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario del agua entre la relación agua/cemento

$$\text{Cantidad Cemento Requerido} = \frac{\text{Requerimiento de agua}}{\text{A/C}} = 383.14$$

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tabla 6 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigon

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena.			
	2.4	2.6	2.8	3
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.8	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tamaño máx. nominal de agregado :	20.00	[mm]	Lim. Superior	2.80	0.62	Valor Interpolado (V.U.H.)
Modulo de finura agregado fino :	2.73		Valor	2.73	X	
Peso Unitario Compactado (P.U.C.):	1561.84	[Kg/m3]	Lim. Inferior	2.60	0.64	0.627
Volumen de Agregado Grueso: P.U.C. * V.U.H=				979.27	[Kg/m3]	

VII).- ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGRAGADO FINO

El requerimiento del agregado fino sera determinado bajo el concepto de peso y volumen absoluto como se mostrará a continuación

Por Peso.- El peso requerido del agregado fino es, simplemente, la diferencia entre el peso del hormigon fresco y el peso total de los demás componentes. En ausencia de la información del peso del hormigon fresco, se puede emplear la Tabla 7 para hacer un cálculo tentativo

Tabla 7 Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo nominal de agregado (mm)	Primera estimación del peso del hormigon fresco, kg/m3	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2400
70	2465	2400
150	2505	2435

Fuente: Tabla 6.3.7.1 ACI 211.1

Pesos que ya son conocidos:	Tamaño máx. nominal de agregado :	Estimación del peso del hormigon fresco:
Agua 190.00	20.00 [mm]	2355 [Kg/m3]
Cemento 383.14	Contenido de aire:	Estimacion de la cantidad Agregado Fino:

Agregado
Grueso

979.27 Hormigon Sin Aire Incorporado
1552.42

Peso H° fresco-Peso Componentes: 802.58 Kg

Por Volumen Absoluto.- Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya establecidas, el contenido de agregado fino será la diferencia de 1m³

de hormigón menos el volumen ocupado por el resto de los componentes, como se muestra a continuación:

Material Gravedad	Gravedad Específica, Gs	Densidad (ρ) [Kg/m ³]	Peso calculado de los Mat. [Kg]	Volumen Peso Mat./ρ [m ³]
Agua	1	1000	190	0.190
Cemento	2.85	2850	383	0.134
Agregado Grueso	2.6735	2674	979	0.366
Contenido de Aire Según		2.00%		0.020
Volumen Total de ingredientes, sin el agregado fino				0.711
Volumen de Agregado Fino: 1 - Volumen total de ingredientes =				0.289
Agregado Fino	2.2445	Gs × γw × Vol. A.F. = 649.28 Kg		

Gs = Gravedad específica de cada material

γw = Peso específico del agua.

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)
Agua	190.00
Cemento	383.14
Agregado Grueso Seco	979.27
Agregado Fino Seco	
Calculado Por Peso	802.58
Calculado por Volumen	649.28

VIII).- AJUSTES POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Materiales	Peso Seco (Kg)	% de Humedad	Peso Humedo (Kg)	% de Absorsion	Dif. %h-%Abs.	Agua Aportada (Kg)
Agregado Grueso	979.27	0.070%	980	0.32%	-0.25%	-2.45
Agregado Fino	649.28	0.150%	650	1.57%	-1.42%	-9.23

El agua que se añadirá a la mezcla será:

Agua calculada	Agua aportada por los agregados	Total Agua Para Mezcla (Kg) A. Calculo - A. Aporte
190.00	-11.68	201.68

El resumen de cantidades de cada material por m³ de hormigón es:

Materiales	Peso (Kg)	P.U.S. kg/m ³	Docificacion
Agua	202	-----	202 litros
Cemento	383	-----	383 Kilogramos
Agregado Grueso Humedo	980	1397.73	0.70 Metro Cubicos
Agregado Fino Humedo	650	1565.61	0.42 Metro Cubicos

6.2.ANEXO B: RESULTADOS RESISTENCIA A COMPRESION DEL HORMIGON DETERMINADO MEDIANTE PROCEDIMIENTO ESTANDAR ASTM C-39

ANEXO B-1: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MUESTRA DE CONTROL (M-C) (0% SACAROSA)

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,10	179,08	30,30	12,80	302,70	30856,51	172,31	16,90	57,35%
2	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,20	181,46	30,30	13,20	285,58	29111,12	160,43	15,73	53,39%
3	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,70	169,72	30,00	12,40	292,64	29831,02	175,77	17,24	58,50%
4	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,90	174,37	30,00	12,40	270,77	27601,19	158,29	15,52	52,68%
5	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,05	177,89	29,90	12,60	293,71	29939,98	168,31	16,51	56,02%
6	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,85	173,20	29,95	12,40	309,54	31553,09	182,18	17,87	60,63%
7	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,90	174,37	29,90	12,40	274,76	28007,81	160,62	15,75	53,46%
8	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,90	174,37	30,00	12,40	366,61	37371,01	214,32	21,02	71,33%
9	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,85	173,20	30,00	12,40	410,17	41811,41	241,41	23,67	80,34%
10	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,30	183,85	30,00	13,20	376,61	38390,61	208,81	20,48	69,50%
11	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,90	174,37	30,00	12,40	299,89	30569,88	175,32	17,19	58,35%
12	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,00	176,71	29,90	12,30	308,53	31450,76	177,98	17,45	59,23%
13	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,10	179,08	30,10	12,40	363,01	37003,67	206,63	20,26	68,77%
14	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	14,95	175,54	30,00	12,40	310,22	31623,09	180,15	17,67	59,96%
15	(M-C/ 0%SACAROSA)	7	3,10	15,00	176,71	30,00	12,60	333,45	33990,67	192,35	18,86	64,02%
Promedios \bar{X} =										184,99	18,14	61,57%

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%

1	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	14,95	175,54	30,00	12,40	474,48	48366,47	275,53	27,02	91,70%
2	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,10	179,08	29,90	12,60	476,13	48535,58	271,03	26,58	90,20%
3	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,00	176,71	30,25	13,00	489,74	49922,74	282,51	27,70	94,02%
4	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,20	181,46	30,00	12,80	360,77	36775,58	202,66	19,87	67,45%
5	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	14,90	174,37	30,00	12,40	443,40	45198,38	259,21	25,42	86,27%
6	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,05	177,89	29,80	12,60	465,09	47409,37	266,51	26,14	88,70%
7	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	14,55	166,27	29,80	12,60	481,17	49049,34	295,00	28,93	98,18%
8	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,10	179,08	30,00	12,60	413,91	42192,77	235,61	23,11	78,41%
9	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,00	176,71	30,00	12,40	478,60	48786,57	276,08	27,07	91,88%
10	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,00	176,71	30,20	12,40	465,09	47409,37	268,29	26,31	89,29%
11	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,00	176,71	30,00	12,40	469,48	47856,88	270,82	26,56	90,13%
12	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,10	179,08	30,00	12,60	470,96	48007,80	268,08	26,29	89,22%
13	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	14,90	174,37	30,10	12,80	473,77	48294,65	276,97	27,16	92,18%
14	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,00	176,71	29,90	12,40	447,13	45579,20	257,93	25,29	85,84%
15	(M-C/ 0% SACAROSA)	14	3,10	15,20	181,46	30,00	12,80	478,62	48789,14	268,87	26,37	89,48%
Promedios \bar{X} =										265,01	25,988	88,20%

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
Nº	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm ²	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm ²	MPa	%
1	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,40	186,27	30,40	13,20	505,25	51503,41	276,50	27,12	92,02%
2	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,40	186,27	30,20	13,20	563,92	57484,34	308,61	30,26	102,71%
3	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,05	177,89	30,00	12,20	512,52	52244,30	293,69	28,80	97,74%
4	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,20	181,46	30,00	13,20	526,09	53627,49	295,53	28,98	98,36%
5	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	14,90	174,37	30,00	12,60	502,57	51230,69	293,80	28,81	97,78%
6	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,40	186,27	30,05	13,20	557,18	56796,76	304,92	29,90	101,48%
7	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,20	181,46	30,30	13,00	554,44	56518,15	311,46	30,54	103,66%
8	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,25	182,65	30,50	13,40	541,83	55231,93	302,39	29,65	100,64%
9	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	14,90	174,37	30,00	12,40	525,10	53526,67	306,97	30,10	102,16%
10	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,05	177,89	30,20	13,20	532,23	54253,85	304,99	29,91	101,51%
11	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,10	179,08	30,00	12,40	506,37	51618,04	288,24	28,27	95,93%
12	(M-C/ 0% SACAROSA)	28	3,10	15,00	176,71	30,10	12,60	540,11	55057,03	311,57	30,55	103,70%

13	(M-C/ 0%SACAROSA)	28	3,10	15,20	181,46	30,00	13,10	547,72	55833,03	307,69	30,17	102,40%
14	(M-C/ 0%SACAROSA)	28	3,10	14,95	175,54	30,05	12,20	505,27	51505,66	293,41	28,77	97,65%
15	(M-C/ 0%SACAROSA)	28	3,10	15,00	176,71	30,00	12,60	532,61	54292,81	307,24	30,13	102,25%
Promedios \bar{X} =										300,47	29,47	100,00%

ANEXO B-2: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MUESTRA EXPERIMENTAL 1 (M-E1) (0.03%SACAROSA)

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,40	186,27	30,00	13,20	421,43	42959,66	230,63	22,62	74,17%
2	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,45	187,48	30,00	13,20	414,25	42227,77	225,24	22,09	72,44%
3	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,10	179,08	29,90	12,60	341,20	34781,22	194,22	19,05	62,46%
4	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	14,90	174,37	29,80	12,40	385,43	39289,59	225,32	22,10	72,47%
5	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,00	176,71	29,85	12,40	386,58	39406,36	223,00	21,87	71,72%
6	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,25	182,65	30,15	13,00	411,70	41967,03	229,77	22,53	73,90%
7	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,05	177,89	29,95	12,60	395,26	40291,74	226,50	22,21	72,85%
8	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,00	176,71	29,80	12,40	421,16	42932,05	242,95	23,83	78,14%
9	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,15	180,27	29,80	12,80	405,53	41338,53	229,31	22,49	73,75%
10	(M-E1/ +0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,15	180,27	29,80	12,60	398,09	40579,66	225,10	22,07	72,40%
11	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,00	176,71	30,00	12,50	394,18	40181,50	227,39	22,30	73,13%
12	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,10	179,08	29,90	12,60	408,02	41592,20	232,25	22,78	74,69%
13	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	14,90	174,37	30,10	12,70	415,51	42355,35	242,91	23,82	78,12%
14	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,00	176,71	30,00	12,40	388,04	39555,35	223,84	21,95	71,99%
15	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	7	5,00	15,20	181,46	30,00	13,10	352,19	35901,22	197,85	19,40	63,63%
Promedios \bar{X} =										225,09	22,07	72,39%

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%

1	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,00	176,71	29,90	12,40	486,52	49594,68	280,66	27,52	90,26%
2	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,15	180,27	29,90	12,80	481,06	49037,78	272,02	26,68	87,49%
3	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,15	180,27	29,90	12,80	460,28	46919,37	260,27	25,52	83,71%
4	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	14,95	175,54	30,00	12,20	459,27	46816,62	266,70	26,15	85,77%
5	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,00	176,71	30,00	12,40	440,64	44917,74	254,19	24,93	81,75%
6	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	14,95	175,54	30,00	12,40	450,59	45931,88	261,66	25,66	84,15%
7	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	14,90	174,37	29,90	12,40	460,62	46953,62	269,28	26,41	86,60%
8	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,25	182,65	30,00	13,20	504,18	51394,77	281,38	27,59	90,50%
9	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,10	179,08	30,00	13,00	459,00	46788,90	261,27	25,62	84,03%
10	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,25	182,65	30,00	13,20	462,04	47099,19	257,87	25,29	82,93%
11	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,00	176,71	30,10	12,80	467,47	47652,45	269,66	26,44	86,73%
12	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,20	181,46	30,00	13,10	446,42	45506,42	250,78	24,59	80,65%
13	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	14,95	175,54	29,90	12,20	480,11	48941,13	278,80	27,34	89,67%
14	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,10	179,08	30,00	12,60	438,39	44687,61	249,54	24,47	80,26%
15	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	14	5,00	15,00	176,71	30,00	12,40	461,56	47049,85	266,25	26,11	85,63%
Promedios \bar{X} =										265,36	26,022	85,34%

Probeta	Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia	
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	14,90	174,37	30,00	12,40	506,61	51641,70	296,16	29,04	95,25%
2	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,20	181,46	30,00	13,20	559,77	57061,56	314,46	30,84	101,13%
3	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	14,90	174,37	29,90	13,40	543,86	55439,36	317,94	31,18	102,25%
4	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	14,90	174,37	29,80	12,60	562,02	57290,72	328,56	32,22	105,67%
5	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,40	186,27	30,00	13,40	561,13	57199,85	307,08	30,11	98,76%
6	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,20	181,46	30,00	13,20	556,94	56773,10	312,87	30,68	100,62%
7	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,00	176,71	30,00	12,60	531,80	54210,40	306,78	30,08	98,66%
8	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,00	176,71	30,00	12,40	513,00	52293,75	295,93	29,02	95,18%
9	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,00	176,71	30,00	13,20	540,87	55135,06	312,01	30,60	100,35%
10	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,00	176,71	30,00	12,60	556,13	56690,05	320,81	31,46	103,18%
11	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	14,95	175,54	29,90	12,40	532,52	54283,18	309,24	30,33	99,46%
12	(M-E1/ 0,03%SACAROSA)	28	5,00	15,10	179,08	30,10	13,10	544,35	55489,45	309,86	30,39	99,66%

13	(M-E1/ 0,03% SACAROSA)	28	5,00	15,00	176,71	30,00	12,60	520,60	53068,35	300,31	29,45	96,58%
14	(M-E1/ 0,03% SACAROSA)	28	5,00	15,20	181,46	30,20	13,40	551,93	56262,23	310,05	30,41	99,72%
15	(M-E1/ 0,03% SACAROSA)	28	5,00	15,00	176,71	30,00	13,20	558,04	56885,17	321,91	31,57	103,53%
Promedios \bar{X} =										310,93	30,49	100,00%

ANEXO B-3: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MUESTRA EXPERIMENTAL 2 (M-E2) (0.06% SACAROSA)

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,30	183,85	30,00	13,20	464,76	47375,76	257,69	25,27	81,15%
2	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	14,90	174,37	30,00	12,40	439,11	44761,68	256,71	25,17	80,84%
3	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	14,90	174,37	30,00	12,40	424,92	43315,34	248,41	24,36	78,23%
4	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,00	176,71	29,80	12,60	452,66	46142,84	261,12	25,61	82,23%
5	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,30	183,85	30,25	13,40	467,86	47691,83	259,41	25,44	81,69%
6	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,15	180,27	30,00	13,00	450,98	45970,95	255,01	25,01	80,31%
7	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,10	179,08	30,00	12,60	444,68	45329,28	253,12	24,82	79,71%
8	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,35	185,06	30,00	12,80	468,73	47780,78	258,19	25,32	81,31%
9	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,40	186,27	30,00	13,20	471,56	48069,34	258,06	25,31	81,27%
10	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,00	176,71	30,00	12,40	446,92	45557,91	257,81	25,28	81,19%
11	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,00	176,71	30,00	12,60	456,96	46581,04	263,60	25,85	83,01%
12	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,10	179,08	30,10	13,20	451,13	45987,00	256,80	25,18	80,87%
13	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,00	176,71	29,90	12,40	453,14	46191,44	261,40	25,63	82,32%
14	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	14,95	175,54	30,00	12,40	442,62	45118,96	257,03	25,21	80,94%
15	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	7	6,00	15,10	179,08	30,00	12,80	467,47	47652,45	266,10	26,10	83,80%
Promedios \bar{X} =										258,03	25,30	81,26%

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%

1	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,10	179,08	30,35	13,00	486,99	49642,09	277,21	27,19	87,30%
2	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,85	173,20	29,85	12,80	481,23	49055,23	283,23	27,78	89,19%
3	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,95	175,54	29,80	12,60	489,41	49889,13	284,20	27,87	89,50%
4	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,00	176,71	29,90	12,40	455,20	46401,22	262,58	25,75	82,69%
5	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,95	175,54	29,90	12,40	433,98	44238,93	252,02	24,71	79,36%
6	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,95	175,54	29,90	12,40	463,55	47253,21	269,19	26,40	84,77%
7	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,95	175,54	29,95	12,40	448,51	45719,95	260,45	25,54	82,02%
8	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,90	174,37	30,00	12,40	479,85	48914,37	280,52	27,51	88,34%
9	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,10	179,08	29,90	12,40	461,29	47022,13	262,58	25,75	82,69%
10	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,15	180,27	29,90	12,80	415,30	42334,80	234,84	23,03	73,95%
11	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,00	176,71	30,00	12,80	456,86	46570,34	263,54	25,84	82,99%
12	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	14,90	174,37	29,90	12,20	474,21	48339,60	277,22	27,19	87,30%
13	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,00	176,71	30,10	12,60	429,12	43743,58	247,54	24,28	77,95%
14	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,10	179,08	29,90	12,40	469,90	47899,69	267,48	26,23	84,23%
15	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	14	6,00	15,00	176,71	30,00	12,60	461,18	47011,31	266,04	26,09	83,78%
Promedios \bar{X} =										265,91	26,077	83,74%

Probeta	Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia	
Nº	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,20	181,46	30,00	12,20	532,64	54295,28	299,21	29,34	94,23%
2	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,20	181,46	30,00	13,20	571,69	58276,71	321,15	31,49	101,13%
3	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,20	181,46	30,00	13,00	573,90	58502,02	322,40	31,62	101,53%
4	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	30,00	12,60	541,82	55231,18	312,55	30,65	98,43%
5	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	30,00	12,40	554,79	56553,36	320,03	31,38	100,78%
6	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,40	186,27	30,00	13,00	588,27	59966,77	321,93	31,57	101,38%
7	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,30	183,85	30,00	12,20	533,53	54386,25	295,82	29,01	93,16%
8	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	30,00	12,40	523,43	53357,13	301,95	29,61	95,09%
9	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	30,00	13,20	581,21	59246,87	335,28	32,88	105,58%
10	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	29,90	12,60	575,20	58634,31	331,81	32,54	104,49%
11	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,10	179,08	30,00	12,80	561,90	57277,98	319,85	31,37	100,73%
12	(M-E2/ 0,06%SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	30,00	12,60	545,85	55642,51	314,88	30,88	99,16%

13	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	29,90	12,20	576,37	58752,91	332,48	32,61	104,70%
14	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	28	6,00	15,20	181,46	30,00	13,10	541,05	55153,36	303,94	29,81	95,72%
15	(M-E2/ 0,06% SACAROSA)	28	6,00	15,00	176,71	30,00	12,70	571,91	58299,08	329,91	32,35	103,89%
Promedios \bar{X} =										317,55	31,14	100,00%

ANEXO B-4: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MUESTRA EXPERIMENTAL 3 (M-E3) (100% C + 0.15% SACAROSA)

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm ²	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm ²	MPa	%
1	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,40	186,27	30,00	13,20	443,09	45166,70	242,48	23,78	70,35%
2	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,00	176,71	29,90	12,40	405,78	41363,79	234,08	22,96	67,92%
3	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	14,95	175,54	29,90	12,20	424,30	43252,08	246,39	24,16	71,49%
4	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,30	183,85	30,40	13,20	430,89	43923,93	238,91	23,43	69,32%
5	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,00	176,71	29,90	12,60	426,42	43467,43	245,98	24,12	71,37%
6	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	14,95	175,54	30,00	12,60	437,21	44568,06	253,89	24,90	73,66%
7	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	14,90	174,37	29,95	12,40	443,45	45204,27	259,24	25,42	75,22%
8	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	14,95	175,54	29,80	12,40	388,04	39556,05	225,34	22,10	65,38%
9	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,00	176,71	30,35	13,20	459,95	46885,76	265,33	26,02	76,98%
10	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,25	182,65	29,90	13,20	456,21	46504,40	254,61	24,97	73,87%
11	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,00	176,71	30,00	12,40	439,68	44819,27	253,63	24,87	73,59%
12	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,10	179,08	29,90	12,60	448,70	45738,69	255,41	25,05	74,10%
13	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	14,95	175,54	29,80	12,30	426,11	43436,39	247,44	24,27	71,79%
14	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,00	176,71	30,00	12,60	433,22	44161,01	249,91	24,51	72,51%
15	(M-E3/ 0,15% SACAROSA)	7	7,00	15,00	176,71	29,90	12,40	453,01	46178,59	261,32	25,63	75,82%
Promedios \bar{X} =										248,93	24,41	72,22%

Probeta		Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura		Resistencia rotura		% Resistencia
---------	--	------	-------	----------	------	--------	------	-----------------	--	--------------------	--	---------------

N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	14,80	172,03	29,90	12,40	483,85	49322,39	286,71	28,12	83,19%
2	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	14,95	175,54	30,15	12,40	468,96	47804,54	272,33	26,71	79,01%
3	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,20	181,46	30,10	13,20	511,20	52109,97	287,17	28,16	83,32%
4	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,10	179,08	30,00	13,00	483,15	49250,89	275,02	26,97	79,79%
5	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,30	183,85	29,85	13,20	538,30	54872,29	298,46	29,27	86,60%
6	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,10	179,08	29,80	12,60	470,01	47911,25	267,54	26,24	77,62%
7	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,15	180,27	30,00	13,00	520,50	53058,39	294,33	28,86	85,40%
8	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,10	179,08	30,00	12,80	481,07	49038,96	273,84	26,85	79,45%
9	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,35	185,06	30,00	13,20	528,59	53882,34	291,16	28,55	84,48%
10	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,10	179,08	29,85	12,60	499,84	50952,19	284,52	27,90	82,55%
11	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,00	176,71	30,00	12,80	467,91	47697,40	269,92	26,47	78,31%
12	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,10	179,08	30,10	13,10	498,97	50863,46	284,03	27,85	82,41%
13	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	14,90	174,37	29,95	12,40	484,66	49404,59	283,33	27,79	82,21%
14	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,00	176,71	30,00	12,60	514,76	52473,24	296,95	29,12	86,16%
15	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	14	7,00	15,10	179,08	30,00	12,80	480,78	49009,63	273,67	26,84	79,40%
Promedios \bar{X} =										282,60	27,713	81,99%

Probeta	Edad	Slump	Diámetro	Área	Altura	Peso	Carga de rotura	Resistencia rotura	% Resistencia			
N°	Descripción	Días	Cm	Cm	Cm2	Cm	Kg	KN	Kg	Kg/cm2	MPa	%
1	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	14,95	175,54	29,90	12,40	603,48	61517,16	350,45	34,37	101,68%
2	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	14,95	175,54	30,00	12,40	595,05	60657,68	345,55	33,89	100,26%
3	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,20	181,46	30,00	13,20	642,02	65445,18	360,66	35,37	104,64%
4	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,00	12,40	606,08	61781,96	349,62	34,29	101,44%
5	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,00	12,60	564,15	57508,10	325,44	31,91	94,42%
6	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,00	12,80	610,40	62222,51	352,12	34,53	102,16%
7	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	14,90	174,37	30,00	12,40	592,05	60351,35	346,11	33,94	100,42%
8	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,05	13,00	620,29	63230,23	357,82	35,09	103,82%
9	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	14,70	169,72	29,80	12,40	546,42	55700,20	328,19	32,18	95,22%
10	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	29,90	12,80	564,93	57587,09	325,88	31,96	94,55%

11	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,10	179,08	30,00	12,90	572,54	58363,30	325,91	31,96	94,56%
12	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,00	12,60	607,59	61936,09	350,50	34,37	101,69%
13	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	14,95	175,54	29,90	12,40	597,00	60856,12	346,68	34,00	100,59%
14	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,00	12,80	625,59	63770,64	360,88	35,39	104,71%
15	(M-E3/ 0,15%SACAROSA)	28	7,00	15,00	176,71	30,10	13,00	596,52	60806,88	344,11	33,75	99,84%
Promedios \bar{X} =										344,66	33,80	100,00%

6.3.ANEXO C: EVALUACION DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGON ACI 214RS-11

ANEXO C-1: ANÁLISIS ESTADÍSTICO MUESTRA DE CONTROL (0% SACAROSA)

Resistencia a compresión especificada f'_c	210.00	Kg/cm ²
	21.00	MPa
Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida	295.00	Kg/cm ²
	29.50	MPa

N° Ensayo	Resistencia Compresión			D.S. dentro de la tanda	\bar{X} móvil 3 ensayos	Criterios de Aceptación		
	7 días	14 días	28 días			Prom. de 3 > f'_c	Ensayo > $f'_c - 3.5\text{MPa}$	
1	M-C	172,31	275,53	276,50	27,12	32,11		SI
2	M-C	160,43	271,03	308,61	30,26	14,92		SI
3	M-C	175,77	282,51	293,69	28,80	1,84	292,93	SI
4	M-C	158,29	202,66	295,53	28,98	1,73	299,28	SI
5	M-C	168,31	259,21	293,80	28,81	11,12	294,34	SI
6	M-C	182,18	266,51	304,92	29,90	6,54	298,08	SI
7	M-C	160,62	295,00	311,46	30,54	9,07	303,39	SI
8	M-C	214,32	235,61	302,39	29,65	4,58	306,26	SI
9	M-C	241,41	276,08	306,97	30,10	1,98	306,94	SI
10	M-C	208,81	268,29	304,99	29,91	16,75	304,78	SI
11	M-C	175,32	270,82	288,24	28,27	23,33	300,07	SI
12	M-C	177,98	268,08	311,57	30,56	3,88	301,60	SI
13	M-C	206,63	276,97	307,69	30,17	14,28	302,50	SI
14	M-C	180,15	257,93	293,41	28,77	13,83	304,22	SI
15	M-C	192,35	268,87	307,24	30,13	30,74	302,78	SI
$\bar{X} =$		184,99	265,01	300,47	29,47	12,45		

Número de ensayos en la muestra	n	15,00	Nº de intervalos de clase	K	4,88	Factor de mod. S	α	1,16
Resistencia mínima	X_{\min}	276,50	Ancho intervalo de clase	C	7,18	S corregido Kg/cm ²	S_{corr}	11,53
Resistencia máxima	X_{\max}	311,57	Promedio	\bar{X}	300,47	S corregido MPa	S_{corr}	1,13
Rango de datos	R_x	35,07	Desviación estándar	S	9,94	Coefficiente de variación	CV	3,84%

Evaluación del procedimiento de obtención de muestras

Desviación estándar	S	9,94	factor de corrección	1,16	desviación estándar corregida	1,13
coeficiente de variación	CV	3,84%				
1,- De acuerdo al valor de las desviaciones estándar obtenido, la operación en el laboratorio se la considera:						Excelente
Promedio de rangos		12,45	Desviación estándar dentro del ensayo S_1	11,0 3	Coefficiente de variación CV_1	3,67%
2,- De acuerdo al coeficiente de variación, el control en la toma de muestra. Curado, y ensayo se la considera:						Buena

Cumplimiento de los requisitos de resistencia

El promedio móvil de 3 ensayos consecutivos, debe ser igual o superior a la resistencia especificada f^c	100%
Ningún ensayo individual puede estar $f^c -3,5$ Mpa por debajo de la resistencia especificada	100%

Análisis de resistencia

El ACI 318, indica que la probabilidad aceptada de que los requisitos de resistencia no se cumplan es del 1%					
Resistencia promedio requerida	29,47 MPa	f^c que garantiza este diseño	25,94 MPa		
	300,47 kg/cm ²		264,50 kg/cm ²		
Porcentaje de resultados bajos esperados en el diseño de mezcla utilizados	0,09% < 0,1%	Resistencia promedio requería para el diseño de mezcla	22,52 Mpa 229,59 kg/cm ²		
Sobre diseño promedio del hormigón			8,47 Mpa 86,33 kg/cm ²		

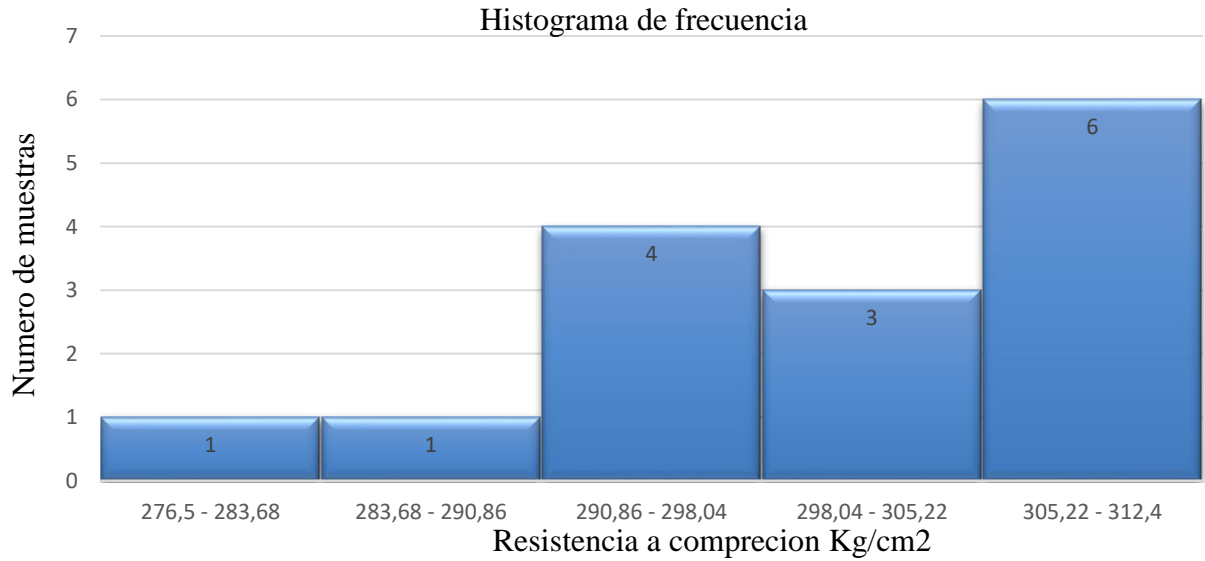
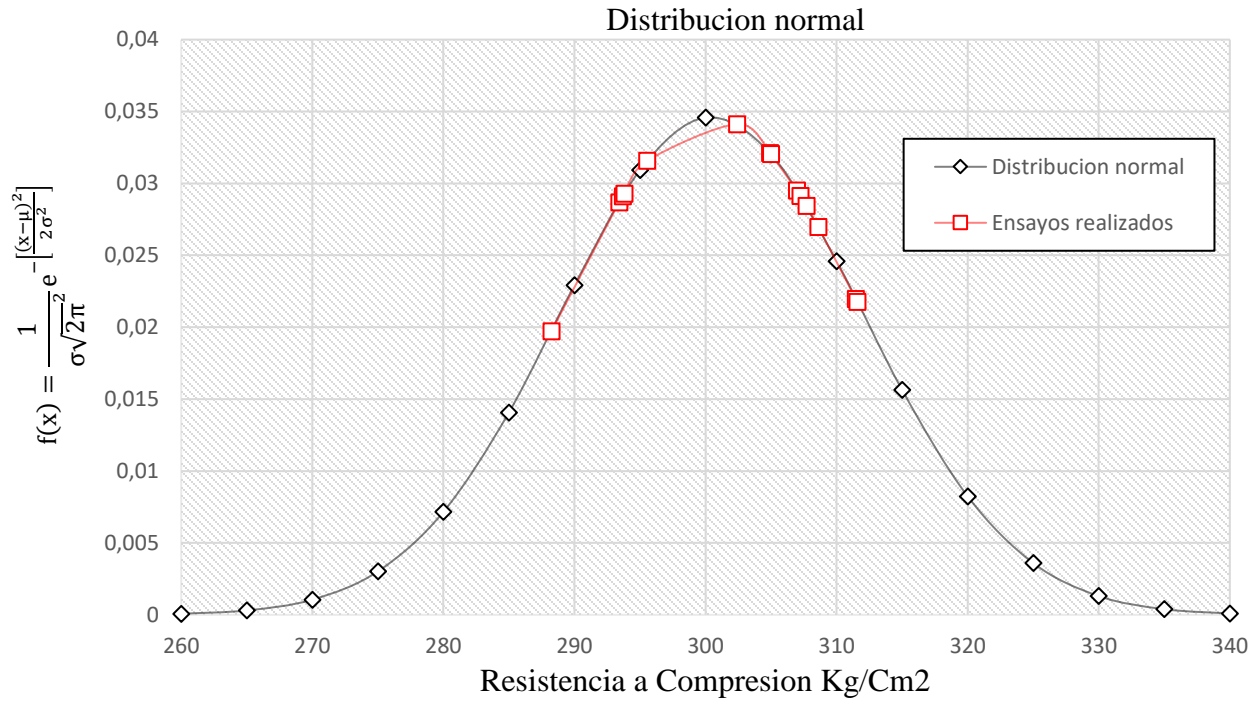
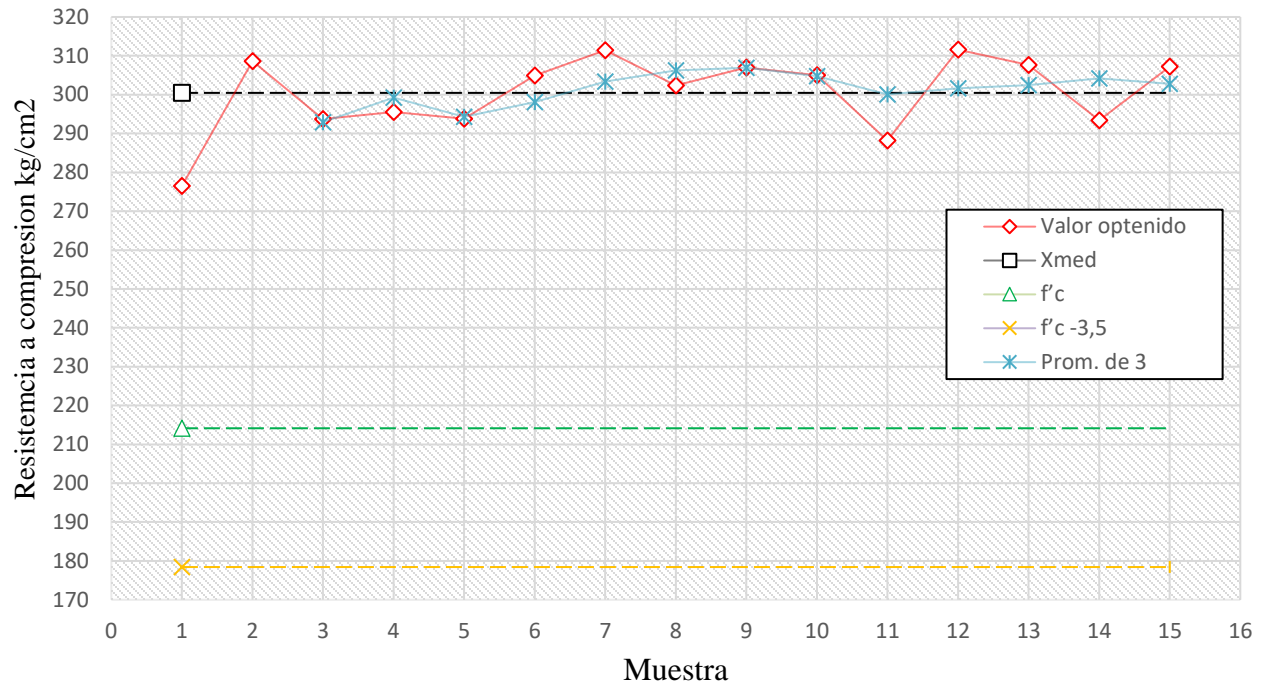
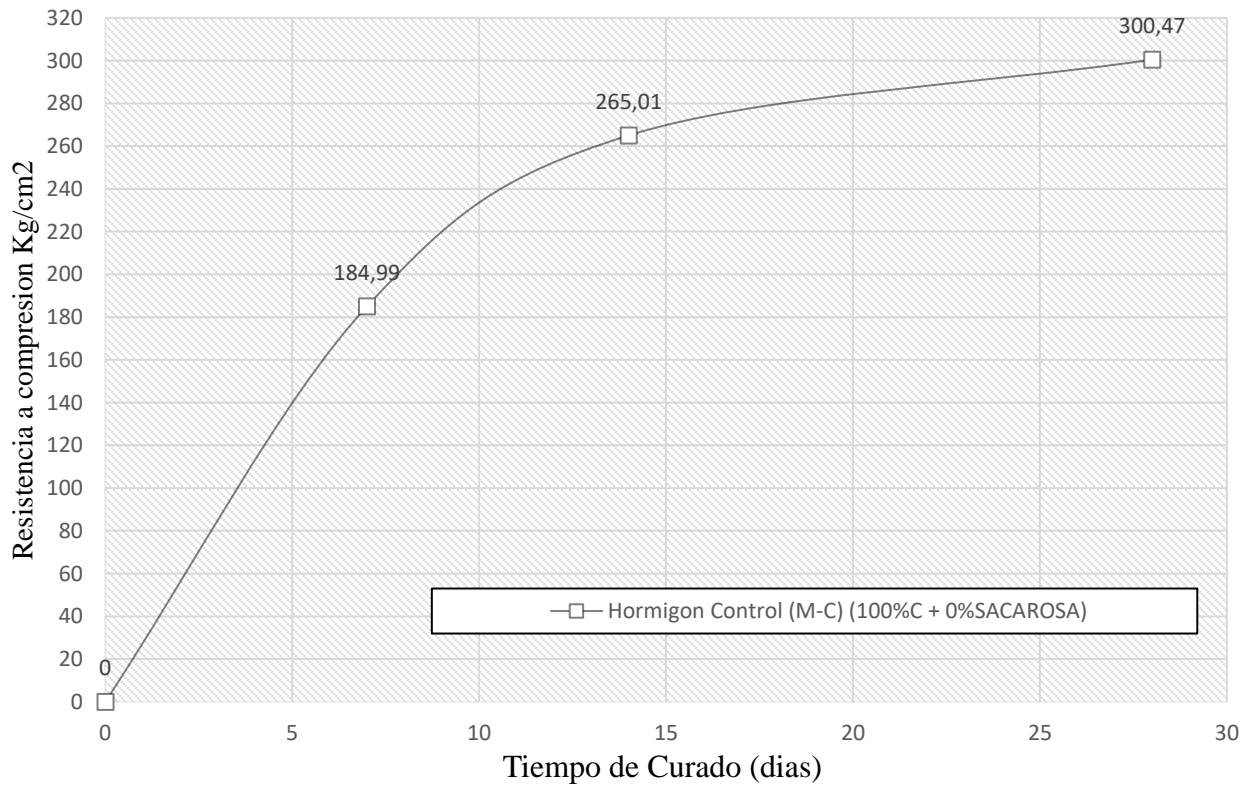


Gráfico control $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días



Curva de madurez del hormigón de control (100% C + 0% SACAROSA)



ANEXO C-2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO MUESTRA EXPERIMENTAL 1 (0.03% SACAROSA)

Resistencia a compresión especificada f^c	210.00	Kg/cm2
	21.00	MPa
Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida	295.00	Kg/cm2
	29.50	MPa

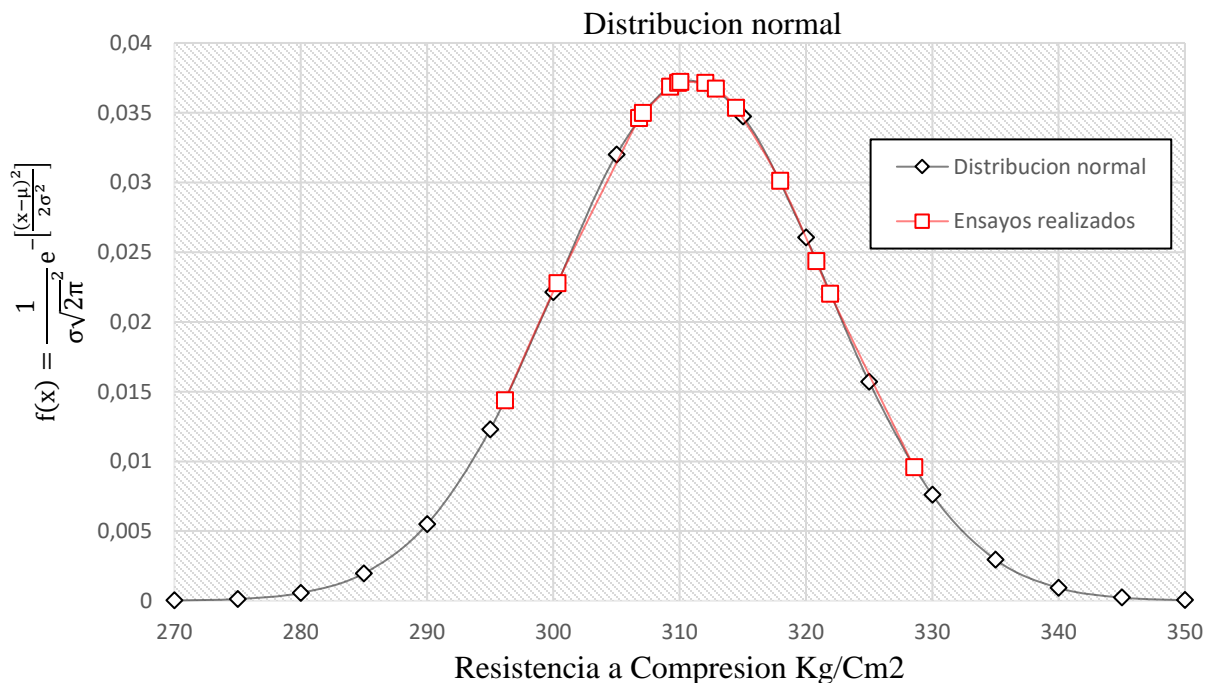
N° Ensayo	Resistencia Compresión					D.S. dentro de la tanda	\bar{X} móvil 3 ensayos	Criterios de Aceptación	
	7 días	14 días	28 días					Prom. de 3 > f^c	Ensayo > f^c -3.5MPa
1	M-E1	230,63	280,66	296,16	29,04	18,30			SI
2	M-E1	225,24	272,02	314,46	30,84	3,48			SI
3	M-E1	194,22	260,27	317,94	31,18	10,62	309,52	SI	SI
4	M-E1	225,32	266,70	328,56	32,22	21,48	320,32	SI	SI
5	M-E1	223,00	254,19	307,08	30,11	5,79	317,86	SI	SI
6	M-E1	229,77	261,66	312,87	30,68	6,09	316,17	SI	SI
7	M-E1	226,50	269,28	306,78	30,09	10,85	308,91	SI	SI
8	M-E1	242,95	281,38	295,93	29,02	16,08	305,19	SI	SI
9	M-E1	229,31	261,27	312,01	30,60	8,80	304,91	SI	SI
10	M-E1	225,10	257,87	320,81	31,46	11,57	309,58	SI	SI
11	M-E1	227,39	269,66	309,24	30,33	0,62	314,02	SI	SI
12	M-E1	232,25	250,78	309,86	30,39	9,55	313,30	SI	SI
13	M-E1	242,91	278,80	300,31	29,45	9,74	306,47	SI	SI
14	M-E1	223,84	249,54	310,05	30,41	11,86	306,74	SI	SI
15	M-E1	197,85	266,25	321,91	31,57	25,75	310,76	SI	SI
\bar{X} =		225,09	265,36	310,93	30,49	11,37			

Número de ensayos en la muestra	n	15,00	N° de intervalos de clase	K	4,88	Factor de mod. S	α	1,16
Resistencia mínima	X_{\min}	295,93	Ancho intervalo de clase	C	6,68	S corregido Kg/cm2	S_{corr}	10,69
Resistencia máxima	X_{\max}	328,56	Promedio	\bar{X}	310,93	S corregido MPa	S_{corr}	1,05
Rango de datos	R_x	32,63	Desviación estándar	S	9,213	Coefficiente de variación	CV	3,44%

Evaluación del procedimiento de obtención de muestras					
Desviación estándar S	9,213			desviación estándar	1,05
coeficiente de variación CV	3,44%	factor de corrección	1,16	estándar corregida	
1,- De acuerdo al valor de las desviaciones estándar obtenido, la operación en el laboratorio se la considera:					Excelente
Promedio de rangos	11,37	Desviación estándar dentro del ensayo S ₁	10,08	Coefficiente de variación CV ₁	3,24%
2,- De acuerdo al coeficiente de variación, el control en la toma de muestra. Curado, y ensayo se la considera:					Buena

Cumplimiento de los requisitos de resistencia	
El promedio móvil de 3 ensayos consecutivos, debe ser igual o superior a la resistencia especificada f'c	100%
Ningún ensayo individual puede estar f'c -3,5 Mpa por debajo de la resistencia especificada	100%

Análisis de resistencia					
El ACI 318, indica que la probabilidad aceptada de que los requisitos de resistencia no se cumplan es del 1%					
Resistencia promedio requerida	30,49 MPa	f'c que garantiza este diseño	27,21 MPa		
	310,93 kg/cm2		277,50 kg/cm2		
Porcentaje de resultados bajos esperados en el diseño de mezcla utilizados	0,09%	Resistencia promedio requería para el diseño de mezcla	22,40 Mpa		
	< 0,1%		228,46 kg/cm2		
Sobre diseño promedio del hormigón			9,49 Mpa		
			96,79 kg/cm2		



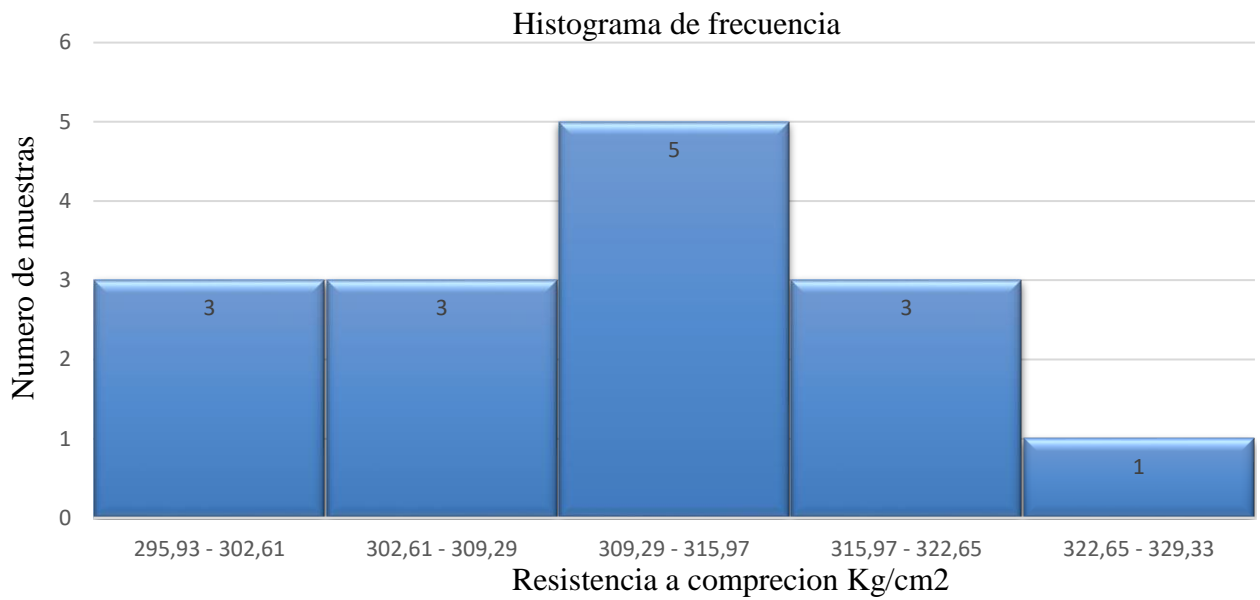
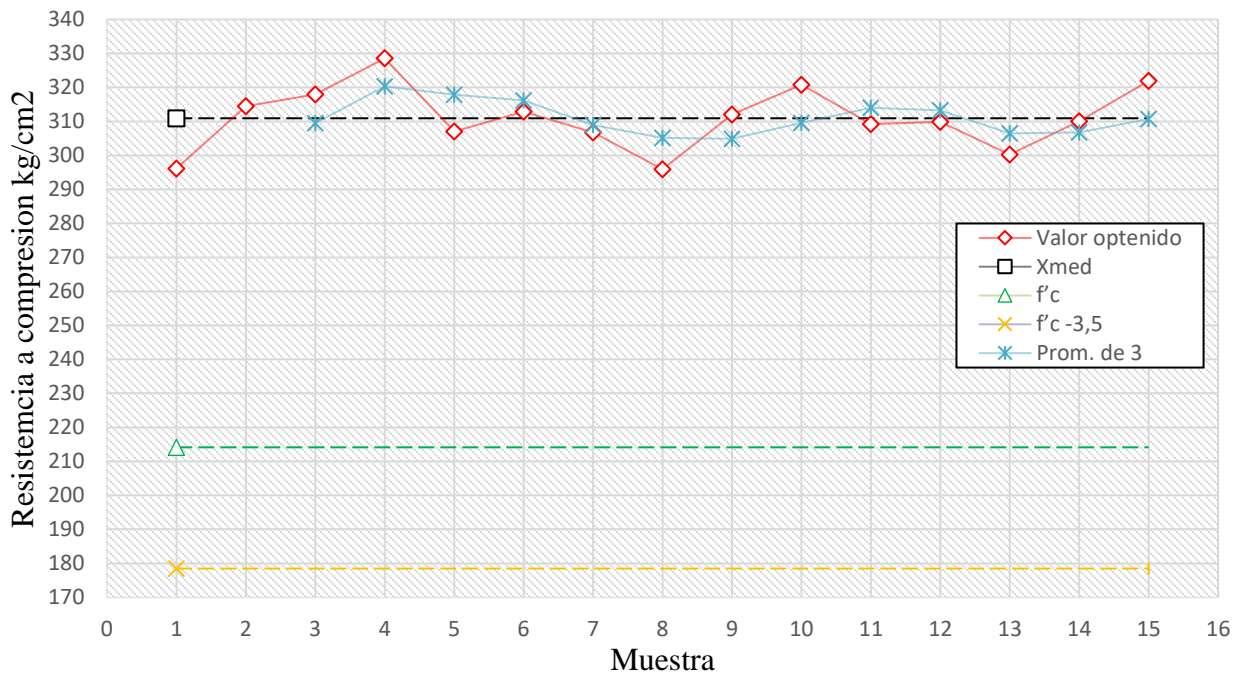
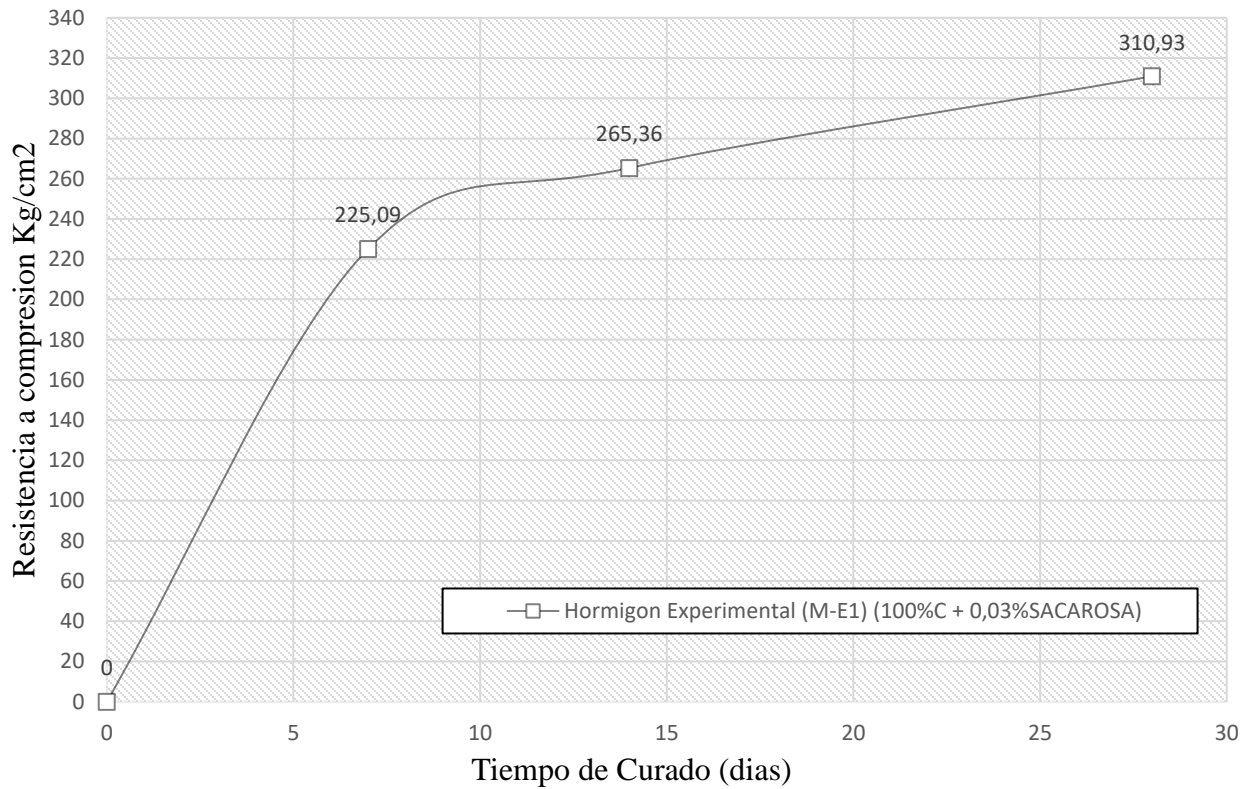


Gráfico control $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días



Curva de madurez del hormigón experimental 1 (M-E1) (100% C + 0,03% SACAROSA)



ANEXO C-3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO MUESTRA EXPERIMENTAL 2 (0.06% SACAROSA)

Resistencia a compresión especificada f^c	210.00	Kg/cm2
	21.00	MPa
Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida	295.00	Kg/cm2
	29.50	MPa

N° Ensayo	Resistencia Compresión			D.S. dentro de la tanda	\bar{X} móvil 3 ensayos	Criterios de Aceptación	
	7 días	14 días	28 días			Prom. de 3 > f^c	Ensayo > f^c -3.5MPa
1 M-E2	257,69	277,21	299,21	29,34	21,94		SI
2 M-E2	256,71	283,23	321,15	31,49	1,25		SI
3 M-E2	248,41	284,20	322,40	31,62	9,85	314,25	SI
4 M-E2	261,12	262,58	312,55	30,65	7,48	318,70	SI
5 M-E2	259,41	252,02	320,03	31,38	1,90	318,33	SI
6 M-E2	255,01	269,19	321,93	31,57	26,11	318,17	SI
7 M-E2	253,12	260,45	295,82	29,01	6,13	312,59	SI

8	M-E2	258,19	280,52	301,95	29,61	33,33	306,57	SI	SI
9	M-E2	258,06	262,58	335,28	32,88	3,47	311,02	SI	SI
10	M-E2	257,81	234,84	331,81	32,54	11,96	323,01	SI	SI
11	M-E2	263,60	263,54	319,85	31,37	4,97	328,98	SI	SI
12	M-E2	256,80	277,22	314,88	30,88	17,60	322,18	SI	SI
13	M-E2	261,40	247,54	332,48	32,61	28,54	322,40	SI	SI
14	M-E2	257,03	267,48	303,94	29,81	25,97	317,10	SI	SI
15	M-E2	266,10	266,04	329,91	32,35	30,70	322,11	SI	SI
$\bar{X} =$		258,03	265,91	317,55	31,14	15,41			

Número de ensayos en la muestra	n	15,00	N° de intervalos de clase	K	4,88	Factor de mod. S	α	1,16
Resistencia mínima	X_{\min}	295,82	Ancho intervalo de clase	C	8,08	S corregido Kg/cm ²	S_{corr}	14,64
Resistencia máxima	X_{\max}	335,28	Promedio	\bar{X}	317,55	S corregido MPa	S_{corr}	1,44
Rango de datos	R_x	39,46	Desviación estándar	S	12,62	Coefficiente de variación	CV	4,61%

Evaluación del procedimiento de obtención de muestras

Desviación estándar	S	12,62	factor de corrección	1,16	desviación estándar corregida	1,44
coeficiente de variación	CV	4,61%				
1,- De acuerdo al valor de las desviaciones estándar obtenido, la operación en el laboratorio se la considera:						Muy buena
Promedio de rangos		11,37	Desviación estándar dentro del ensayo S_1	10,08	Coefficiente de variación CV_1	4,30%
2,- De acuerdo al coeficiente de variación, el control en la toma de muestra. Curado, y ensayo se la considera:						Regular

Cumplimiento de los requisitos de resistencia

El promedio móvil de 3 ensayos consecutivos, debe ser igual o superior a la resistencia especificada $f'c$						100%
Ningún ensayo individual puede estar $f'c -3,5$ Mpa por debajo de la resistencia especificada						100%

Análisis de resistencia

El ACI 318, indica que la probabilidad aceptada de que los requisitos de resistencia no se cumplan es del 1%					
Resistencia promedio requerida	31,14	MPa	$f'c$ que garantiza este diseño	26,65	MPa

	317,55	kg/cm2		271,70	kg/cm2
Porcentaje de resultados bajos esperados en el diseño de mezcla utilizados	0,09%		Resistencia promedio requería para el diseño de mezcla	22,92	Mpa
	< 0,1%			233,75	kg/cm2
Sobre diseño promedio del hormigón				10,14	Mpa
				103,41	kg/cm2

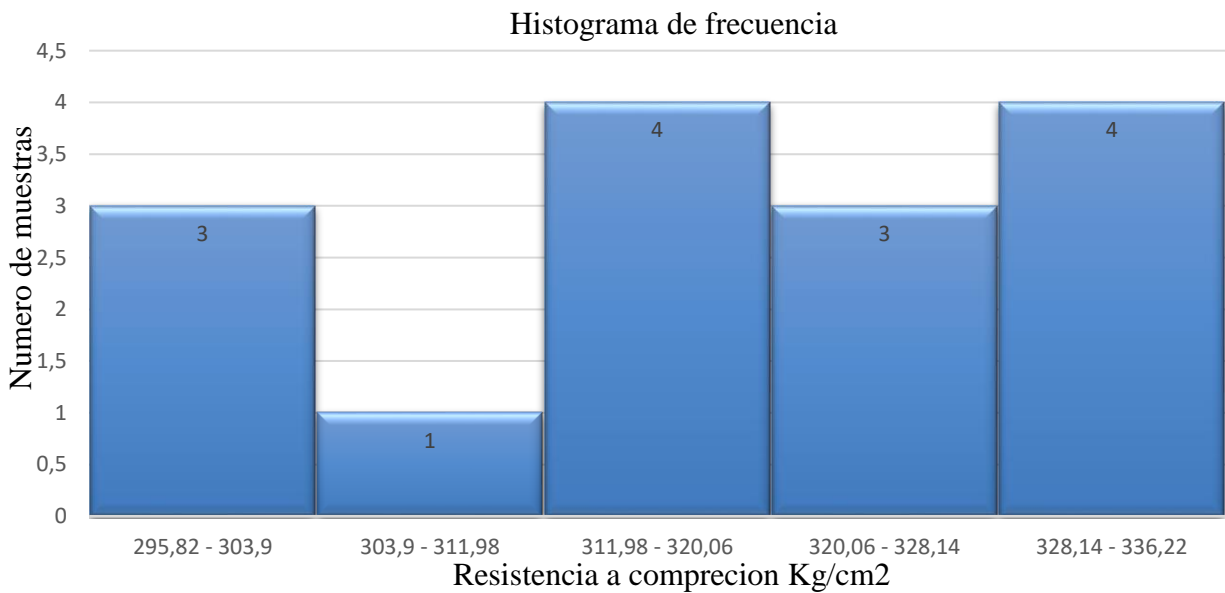
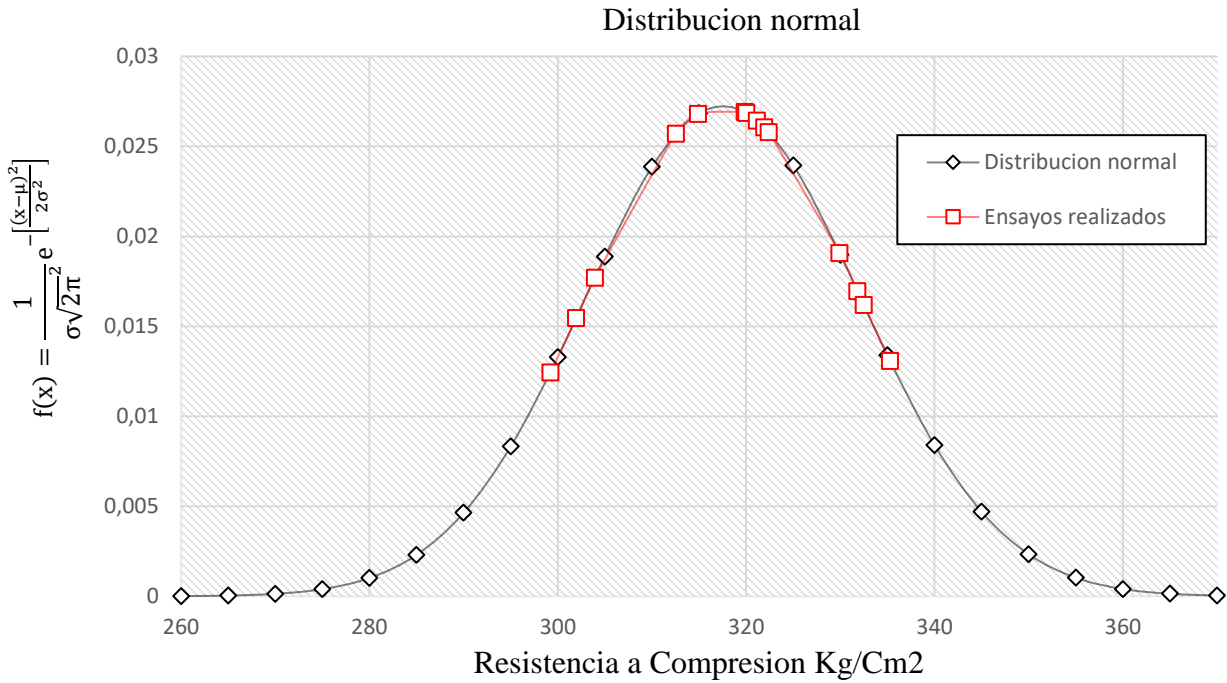
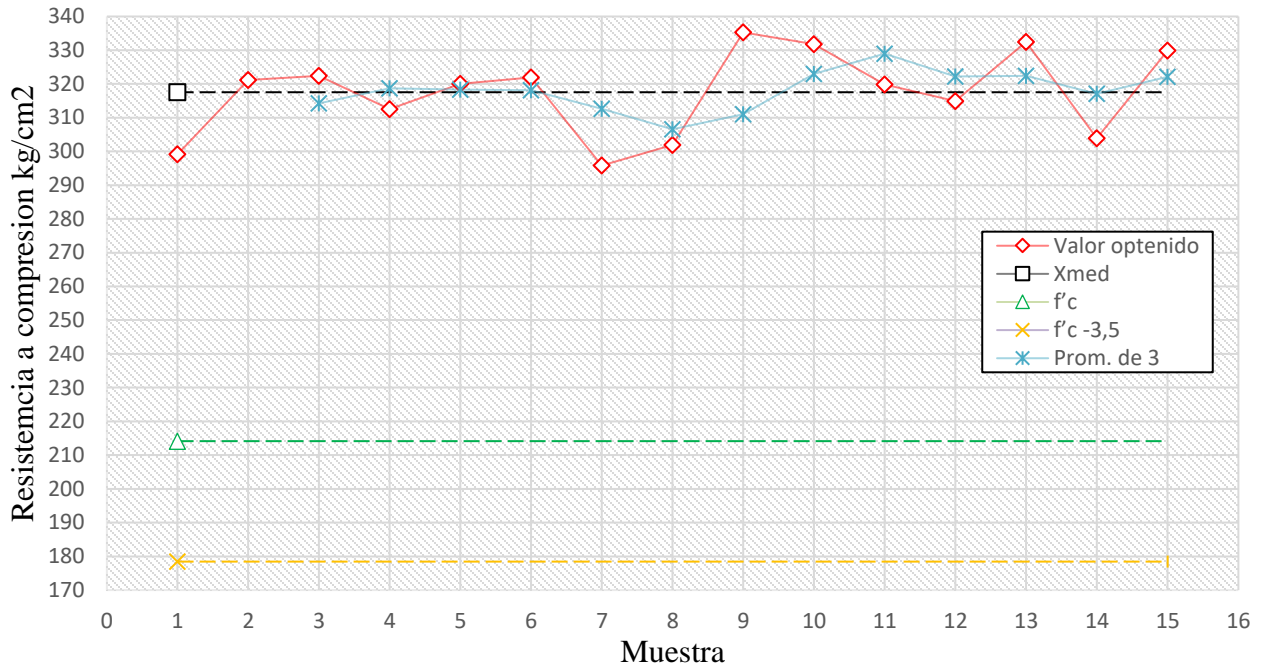
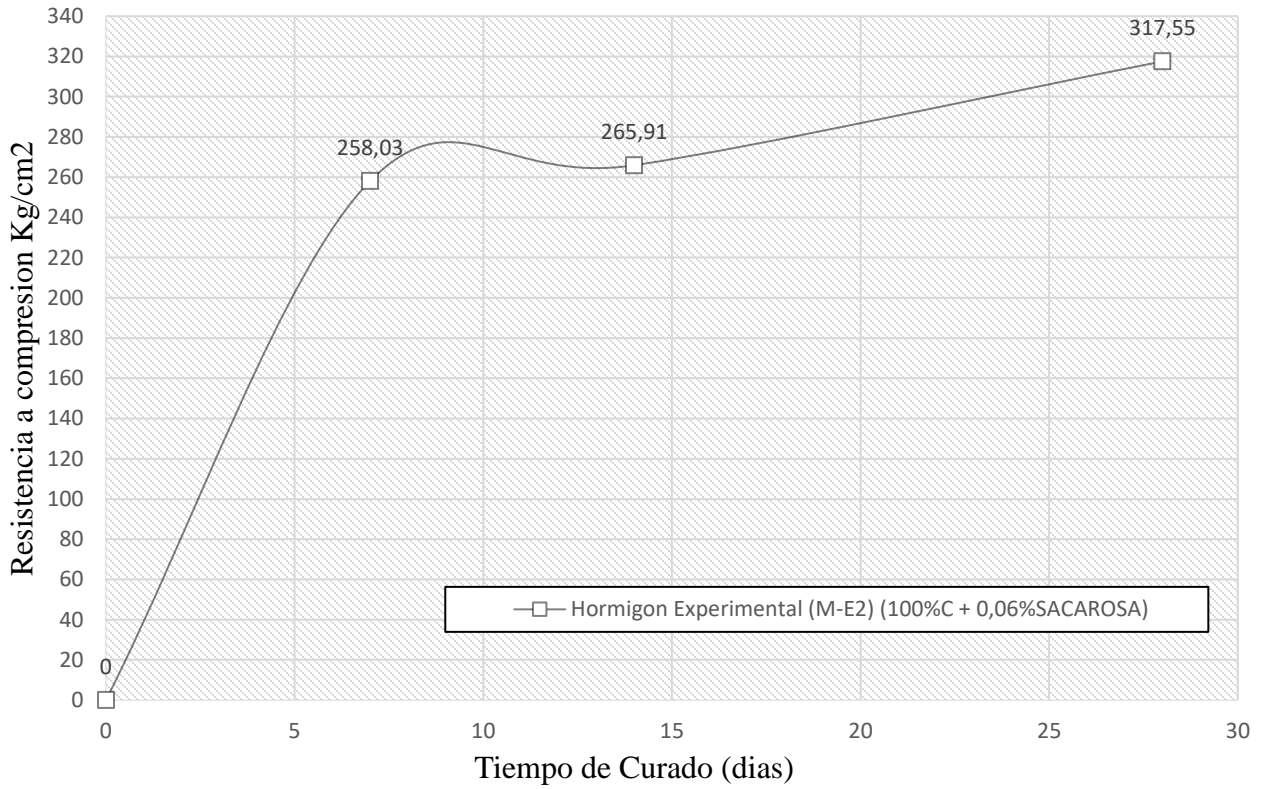


Gráfico control $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días



Curva de madurez del hormigón experimental 2 (M-E2) (100% C + 0,06% SACAROSA)



ANEXO C-4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO MUESTRA EXPERIMENTAL 3 (0.15% SACAROSA)

Resistencia a compresión especificada f^c	210.00	Kg/cm ²
	21.00	MPa
Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida	295.00	Kg/cm ²
	29.50	MPa

N° Ensayo	Resistencia Compresión				D.S. dentro de la tanda	\bar{X} móvil 3 ensayos	Criterios de Aceptación	
	7 días	14 días	28 días				Prom. de 3 > f^c	Ensayo > f^c -3.5MPa
1	M-E3	242,48	286,71	350,45	34,37	4,90		SI
2	M-E3	234,08	272,33	345,55	33,89	15,11		SI
3	M-E3	246,39	287,17	360,66	35,37	11,04	352,22	SI
4	M-E3	238,91	275,02	349,62	34,29	24,18	351,94	SI
5	M-E3	245,98	298,46	325,44	31,92	26,68	345,24	SI
6	M-E3	253,89	267,54	352,12	34,53	6,01	342,39	SI
7	M-E3	259,24	294,33	346,11	33,94	11,71	341,22	SI
8	M-E3	225,34	273,84	357,82	35,09	29,63	352,02	SI
9	M-E3	265,33	291,16	328,19	32,18	2,31	344,04	SI
10	M-E3	254,61	284,52	325,88	31,96	0,03	337,30	SI
11	M-E3	253,63	269,92	325,91	31,96	24,59	326,66	SI
12	M-E3	255,41	284,03	350,50	34,37	3,82	334,10	SI
13	M-E3	247,44	283,33	346,68	34,00	14,20	341,03	SI
14	M-E3	249,91	296,95	360,88	35,39	16,77	352,69	SI
15	M-E3	261,32	273,67	344,11	33,75	6,34	350,56	SI
$\bar{X} =$		248,93	282,60	344,66	33,80	13,15		

Número de ensayos en la muestra	n	15,00	N° de intervalos de clase	K	4,88	Factor de mod. S	α	1,16
Resistencia mínima	X_{\min}	325,44	Ancho intervalo de clase	C	7,26	S corregido Kg/cm ²	S_{corr}	14,52
Resistencia máxima	X_{\max}	360,88	Promedio	\bar{X}	344,66	S corregido MPa	S_{corr}	1,42

Rango de datos	R _x	35,44	Desviación estándar	S	12,514	Coefficiente de variación	CV	4,21%
----------------	----------------	-------	---------------------	---	--------	---------------------------	----	-------

Evaluación del procedimiento de obtención de muestras

Desviación estándar	S	12,514	factor de corrección	1,16	desviación estándar corregida	1,42
coeficiente de variación CV		4,21%				

1,- De acuerdo al valor de las desviaciones estándar obtenido, la operación en el laboratorio se la considera: **Muy buena**

Promedio de rangos	13,158	Desviación estándar dentro del ensayo S ₁	11,66	Coefficiente de variación CV ₁	3,38%
--------------------	--------	--	-------	---	-------

2,- De acuerdo al coeficiente de variación, el control en la toma de muestra. Curado, y ensayo se la considera: **Buena**

Cumplimiento de los requisitos de resistencia

El promedio móvil de 3 ensayos consecutivos, debe ser igual o superior a la resistencia especificada f[']c **100%**

Ningún ensayo individual puede estar f[']c -3,5 Mpa por debajo de la resistencia especificada **100%**

Análisis de resistencia

El ACI 318, indica que la probabilidad aceptada de que los requisitos de resistencia no se cumplan es del 1%

Resistencia promedio requerida	33,80 MPa	f ['] c que garantiza este diseño	29,37 MPa
	344,66 kg/cm ²		299,50 kg/cm ²
Porcentaje de resultados bajos esperados en el diseño de mezcla utilizados	0,09%	Resistencia promedio requería para el diseño de mezcla	22,91 Mpa
	< 0,1%		233,59 kg/cm ²
Sobre diseño promedio del hormigón			12,80 Mpa
			130,52 kg/cm ²

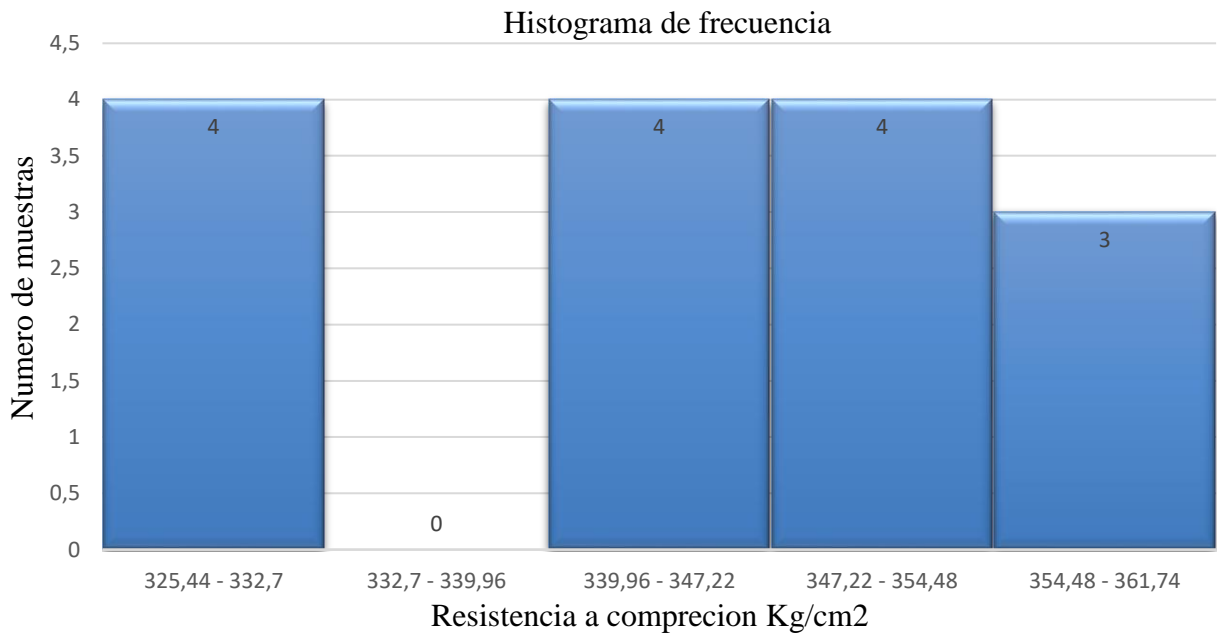
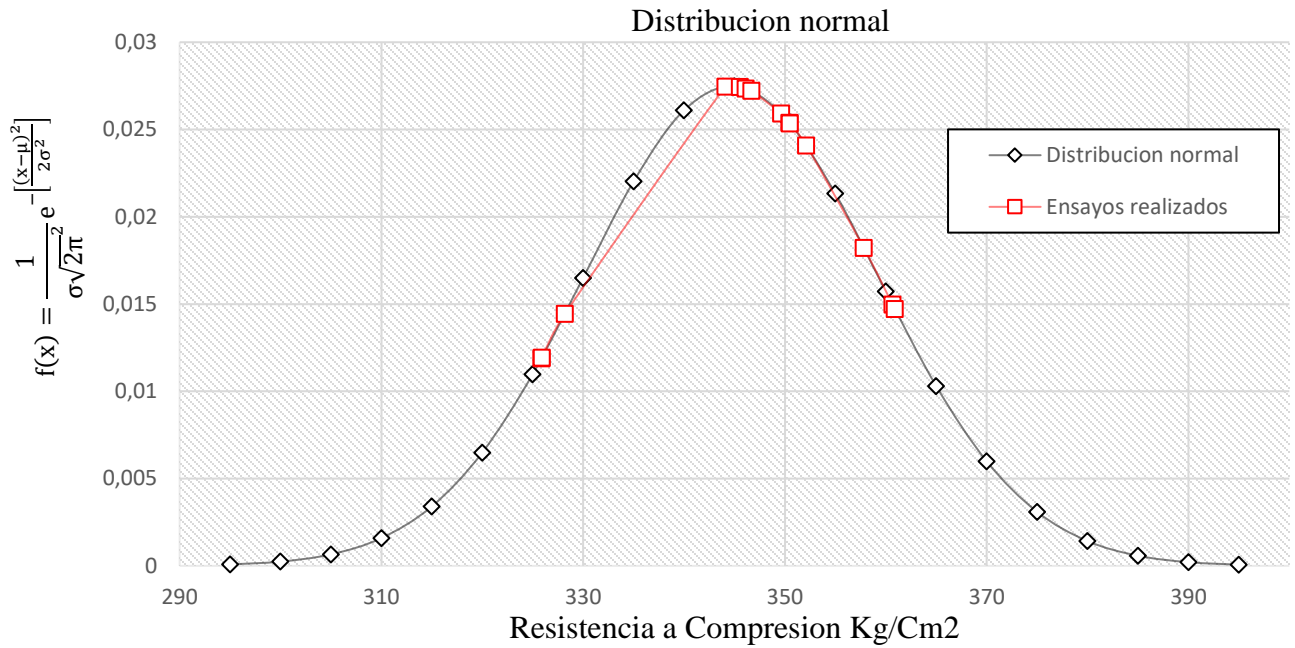
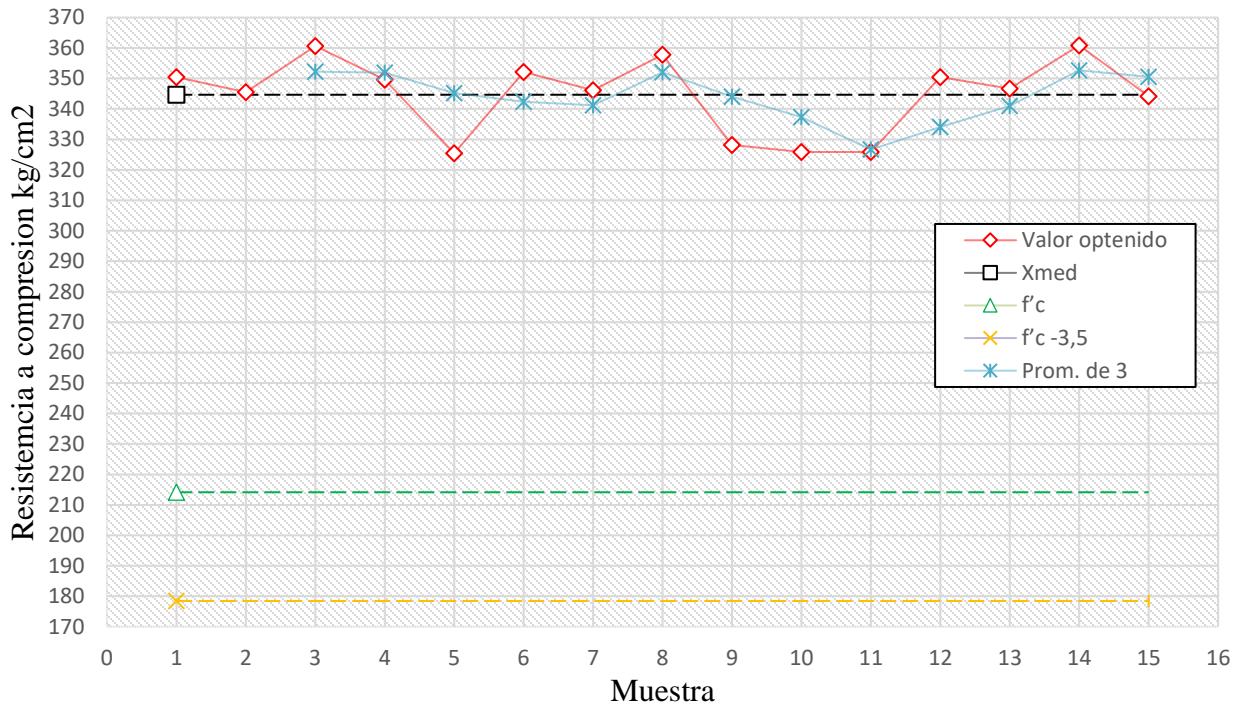
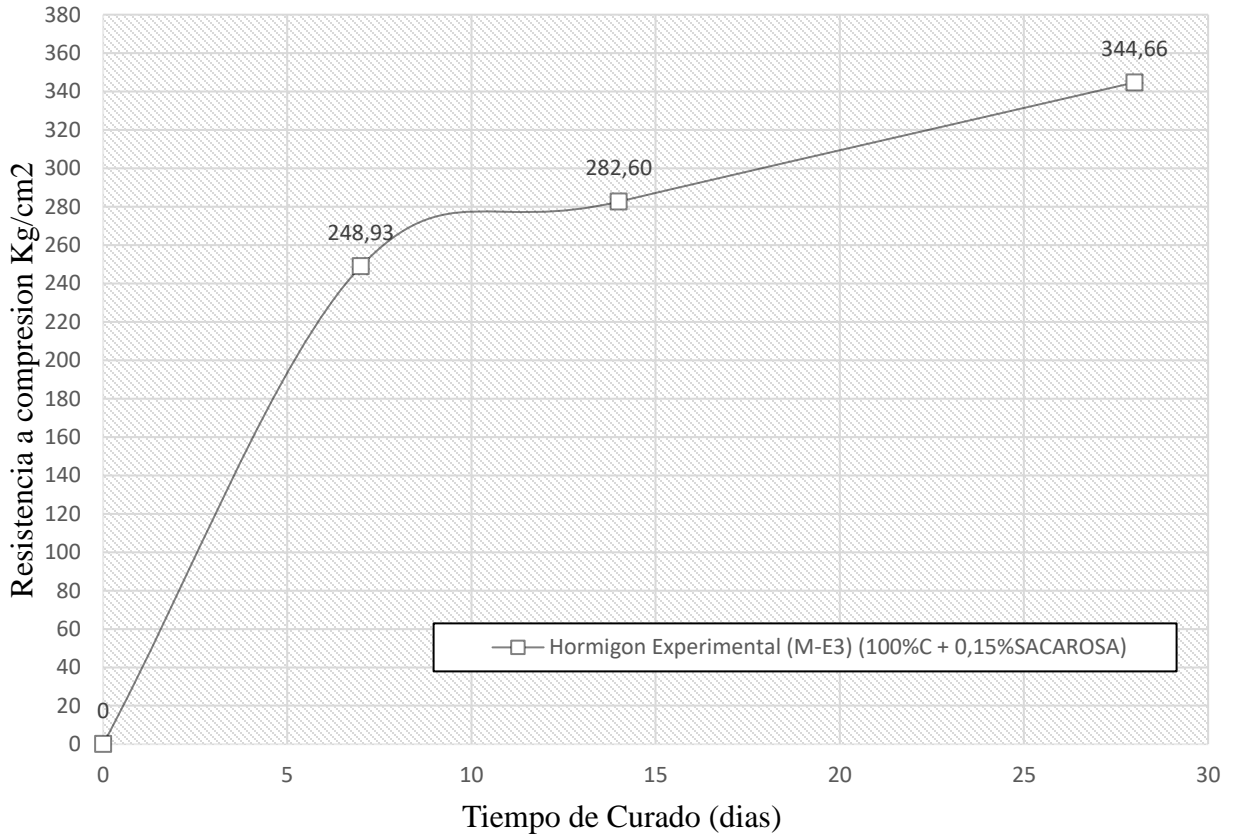


Gráfico control $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días



Curva de madurez del hormigón experimental 3 (M-E3) (100% C + 0,15% SACAROSA)



ANEXO D: RESUMEN CURVA DE MADUREZ DEL HORMIGÓN DE CONTROL Y EXPERIMENTALES.

Tipo de Hormigón	Tiempo de curado (Días)			Porcentaje de variación	Incremento (+) Reducción (-) respecto al H° de control
	7	14	28		
Hormigón Control (M-C) (0% SACAROSA)	184,99	265,01	300,47	100%	
Hormigón Experimental 1 (M-E1) (0,03% SACAROSA)	225,08	265,35	310,93	103,48%	+3,48%
Hormigón Experimental 2 (M-E2) (0,06% SACAROSA)	258,03	265,91	317,55	105,68%	+5,68%
Hormigón Experimental 3 (M-E3) (0,15% SACAROSA)	248,93	282,60	344,66	114,71%	+14,71%

Curva de madurez del hormigón según tipo

