



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

“EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN ADITIVO
ASTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION DE 210 KG/CM²”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

VERA SUAREZ RENATO JULIAN

TUTOR:

ING. VILLOAO VERA RAUL ANDRES, MSc

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN
ADITIVO ASTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM²**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

VERA SUAREZ RENATO JULIAN

TUTOR:

ING. VILLOA VERA RAUL ANDRES, MSc

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

UPSE

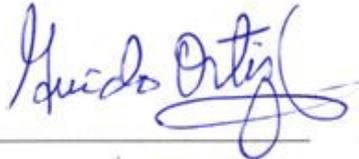
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA DE
INGENIERIA CIVIL



Ing. Raúl Villao Vera, MSc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Guido Ortiz Safadi, Mg.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios porque gracias a él, he logrado todo en mi vida, y sin el acompañándome en mi camino, no hubiera llegado hasta este punto de mi vida.

A mi familia por apoyarme en todo momento, que amo tanto. Mi madre, Herlinda Suarez Flores; mi padre, Julián Vera Villao; mi hermano, David Vera Suarez, los cuales, con su ejemplo y consejos, me han ayudado desde el inicio de mi formación y me han brindado los recursos necesarios para lograr mis objetivos.

A mis abuelos, Papi Terán y Papi Agua que, con su recuerdo me dan la fuerza para seguir adelante.

A mis abuelas, Mami Sonia y Mami Luci, agradeciendo a Dios por tenerlas en vida, dándome palabras de aliento y siempre guiándome por un buen camino.

A mis mascotas, Patricio que me acompañaba en la escuela, y a Martina, por acompañarme en todas las noches de mi formación como profesional.

A mis amigos, que desde el inicio han sido un gran apoyo, haciendo de los días más alegres.

A mi enamorada, Fátima Parrales, por estar a mi lado y apoyarme en todos mis proyectos.

A Andy D' miel, Ryuyin Ovi y a toda la hermandad, por acompañarme con sus mensajes de apoyo en la etapa de mi proyecto de titulación.

Renato Vera Suarez

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“Evaluación entre azúcar morena y un aditivo ASTM C494 tipo b para hormigón de resistencia a la compresión de 210 kg/cm²”** elaborado por el estudiante Renato Julián Vera Suárez, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 4% de la valoración permitida. Se adjunta reporte de similitud.



Ing. Raúl Andrés Villao Vera, Msc

C.I.: 0924204240

DOCENTE TUTOR

SIN TITULO, SIN CITA, TESIS OFICIAL RENATO PLAGIO

4%
 Textos sospechosos

<1% Similitudes
 0% similitudes entre comillas
 0% entre las fuentes mencionadas

<1% Idiomas no reconocidos

3% Textos potencialmente generados por IA

Nombre del documento: SIN TITULO, SIN CITA, TESIS OFICIAL RENATO PLAGIO.docx ID del documento: 4308a29f96c3e5bd5649f710109fb3a62316c508 Tamaño del documento original: 75,99 kB	Depositante: RAUL ANDRES VILLAO VERA Fecha de depósito: 2/6/2025 Tipo de carga: Interfaz fecha de fin de análisis: 2/6/2025	Número de palabras: 13.405 Número de caracteres: 82.541
---	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento



Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	REGISTRO, CAPITULO 1 Y 2 VERA SUAREZ RENATO.pdf REGISTRO, CAP... #3626 El documento proviene de mi grupo 1 fuentes similar	46%		Palabras idénticas: 46% (5908 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón... http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/eurn/46200/227/2/6/UPSE-TC-2015-009.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
2	ciencia.lasalle.edu.co Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto ... https://ciencia.lasalle.edu.co/contexto/ing_civil/article/1091_Novedades/400/0202_2016.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
3	Documento de otro usuario #47856 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
4	dspace.uasway.edu.ec Hormigón reciclado reemplazando el árido grueso natural... http://dspace.uasway.edu.ec/bitstream/handle/10409/316036.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
5	www.scifda.org.co Influencia de los ciclos hielo-deshielo en la resistencia del co... http://www.scifda.org.co/hd/els.php?src=pdf_articulos&id=51692-43242009000300010	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **"EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN ADITIVO ASTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM²."**, del estudiante: **VERA SUAREZ RENATO JULIAN**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 30 de Mayo del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Cf. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENEYCOT 1050-2014-86052892

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Vera Suarez Renato Julián, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“Evaluación entre azúcar morena y un aditivo ASTM C494 tipo b para hormigón de resistencia a la compresión de 210 kg/cm²”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Renato Julián Vera Suárez

Autor de Tesis

C.I. 2400081911

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Villao Vera Raúl Andrés, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “EVALUACIÓN ENTRE AZÚCAR MORENA Y UN ADITIVO ASTM C494 TIPO B PARA HORMIGÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 210 KG/CM²” previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por el estudiante RENATO JULIAN VERA SUAREZ, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Villao Vera, Msc.

C.I. 0924204240

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios, puesto que, sin su guía y bendición no habría sido posible alcanzar esta meta. También expresamos nuestro profundo agradecimiento a nuestros padres, quienes han sido nuestro pilar fundamental, brindándonos su apoyo incondicional, confiando en nosotros y alentándonos a lo largo de nuestra trayectoria universitaria para lograr nuestro título profesional.

De igual manera, extiendo mi agradecimiento al Ing. Raúl Villao Vera, tutor de tesis, por compartir sus conocimientos y brindarnos su valiosa orientación durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

Expreso mi gratitud a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por brindar la oportunidad de formarme como profesional. Agradezco también a los profesionales que integran la Directiva de la Carrera de Ingeniería Civil y a todos los docentes que nos acompañaron a lo largo de nuestra formación académica, puesto que, gracias a su dedicación, enseñanzas y valiosos consejos, logramos culminar con éxito esta etapa.

Agradezco al laboratorista Roger Magallanes por su valiosa colaboración en la realización de los ensayos llevados a cabo en el laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfalto de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Agradezco al Ingeniero Wilson Barahona, que forma parte del grupo SIKA, por brindarme su ayuda en conseguir el aditivo respectivo, y al ingeniero Luis Palma por su ayuda en la obtención de los materiales, para la realización del presente trabajo de investigación.

Agradezco a la ingeniera Mildred Panchana, al ingeniero Christopher Chávez, a la ingeniera Michelle Tomalá, al ingeniero Israel Barriga, al ingeniero Darling Bernabé, al ingeniero Jonathan Bautista, al ingeniero Jenry Moncada, a la ingeniera Melanie Ventura por su ayuda brindada en los procesos de realización del proyecto de titulación.

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABLAS	xix
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.2. ANTEDECENTES.....	6
1.3. HIPÓTESIS.....	7
1.3.1. Hipótesis General	7
1.3.2. Hipótesis Especificas	8
1.4. OBJETIVOS	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
1.5. ALCANCE.....	9
1.6. VARIABLES	9
1.6.1. Variables Dependientes.....	9
1.6.2. Variables Independientes	9
	x

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. AZÚCAR	10
2.2. AZÚCAR MORENA	10
2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL AZÚCAR.....	11
2.3.1. Extracción del Jugo	11
2.3.2. Purificación o clarificación del jugo	11
2.3.3 Evaporación (concentración)	12
2.3.4. Cristalización	12
2.3.5. Separación del azúcar por centrifugación	13
2.4. HORMIGÓN.....	13
2.5. PROPIEDADES FUNDAMENTALES DEL CONCRETO	14
2.5.1. Trabajabilidad	15
2.5.2. Consistencia	15
2.5.3. Asentamiento y Exudación	15
2.5.4. Resistencia	16
2.5.5. Resistencia a la Compresión	16
2.5.6. Relación Agua – Cemento (A/C).....	17
2.5.7 Densidad.....	17
2.5.8 Durabilidad.....	17
2.5.9 Fraguado del Concreto	18
2.5.10 Velocidad de Endurecimiento	18
2.6. ENSAYOS A REALIZAR AL HORMIGÓN FRESCO	18

2.6.1 Revenimiento	19
2.6.2 Temperatura	19
2.6.3 Peso Unitario.....	19
2.7. ELABORACIÓN DE CILINDROS	20
2.8. ENSAYOS EN EL HORMIGÓN ENDURECIDO	21
2.8.1. Resistencia a la Compresión	21
2.9. ADITIVOS.....	21
2.9.1. Aditivo Incorporador de Aire.....	21
2.9.2. Aditivo Reductor de Agua	22
2.9.3. Aditivo Superplastificante.....	22
2.9.4. Aditivos Retardantes	23
2.9.5. Aditivos para el Control de Hidratación	23
2.9.6. Aditivos Acelerantes	23
2.9.7. Ensayos de Laboratorio.....	24
2.9.8. Contenido de Humedad.....	24
2.10. GRANULOMETRÍA.....	24
2.11. GRAVEDAD ESPECIFICA.....	25
2.12. CEMENTO PORTLAND.....	25
2.13. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND.....	25
2.13.1 Tipo 1	26
2.13.2 Tipo 2	26
2.13.3 Tipo 3	26

2.13.4 Tipo 4	26
2.13.5 Tipo 5	26
2.14. APARATO DE VICAT MANUAL.....	27
2.15. METODO ACI.....	27
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	32
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	32
3.1.1. Tipo.....	32
3.1.2. Nivel.....	32
3.2. METODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	33
3.2.1. Método	33
3.2.2. Enfoque	33
3.2.3. Diseño	33
3.3. METODOLOGIA DEL O.E.1: LOGRAR UN DISEÑO DE UN HORMIGÓN SIMPLE DE CEMENTO HIDRÁULICO CON AZÚCAR MORENA Y UN ADITIVO RETARDANTE ASTM C494 TIPO B EN UN PORCENTAJE DEL 0.03% DEL PESO DEL CEMENTO UTILIZADO EN LA MEZCLA	34
3.4. METODOLOGIA DEL O.E.2: REALIZAR UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUADO DE LA MEZCLA PATRÓN Y AQUELLOS CORRESPONDIENTES A LAS MEZCLAS MODIFICADAS MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE ADITIVOS EN EL PORCENTAJE ESTABLECIDO PARA EL PRESENTE ESTUDIO	35
3.5. METODOLOGIA DEL O.E.3: EVALUAR SI LA INCORPORACIÓN DE AZÚCAR MORENA EN LA MEZCLA ES VIABLE ECONÓMICAMENTE	

3.6. POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO	37
3.6.1. Población.....	37
3.6.2. Muestra.....	37
3.6.3. Muestreo.....	38
3.7. OPERACIÓN DE VARIABLES	39
3.8. EJECUCION, ELABORACION E IDENTIFICACION DE LAS MATERIAS PRIMAS	40
3.8.1 Agregados Finos y Gruesos	40
3.8.2 Azúcar Morena.....	45
3.8.3 Aditivo ASTM C494 Tipo B (Aditivo Retardante)	46
3.8.4 Agua.....	48
3.9 Elaboración del diseño de hormigón que será sometido a los diferentes porcentajes de aditivo.....	48
3.10 ENSAYO DE REVENIMIENTO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.....	52
3.11 ELABORACION DE PROBETAS DE HORMIGON	53
3.12 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	54
3.13. ENSAYO DE LA DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO MEDIANTE EL METODO VICAT.....	55
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO VOLUMETRICO SUELTO Y VARILLADO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 858).....	58
4.1.1 Peso Volumétrico suelto del Agregado Fino y Grueso.....	58
4.1.2 Peso Volumétrico Varillado del Agregado Grueso.....	58

4.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 696).....	59
4.2.1 Granulometría del Agregado Grueso	59
4.2.2 Granulometría del Agregado Fino	60
4.3 RESULTADOS DE DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (NTE INEN 856, 2010) Y GRUESO (NTE INEN 857).....	61
4.3.1 Densidad y Absorción del Agregado Grueso.....	61
4.3.2 Densidad y Absorción del Agregado Fino	62
4.4 RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 862).....	62
4.4.1 Contenido de Humedad del Agregado Grueso	62
4.4.2 Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	62
4.5 RESULTADOS DE DESEMPEÑO Y RESISTENCIA A PROBETAS CILINDRICAS EVALUADAS A COMPRESION CON DOSIFICACION $f'c=210$ Kg/cm ² (NTE INEN 1573).....	63
4.5.1 Muestra Patrón de $f'c=210$ kg/cm ²	64
4.5.2 Muestra $f'c= 210$ kg/cm ² con azúcar morena al 0.03% del Peso del Cemento.	65
4.5.3 Muestra $f'c= 210$ kg/cm ² con un Aditivo ASTM C494 Tipo B al 0.03% del Peso del Cemento.	66
4.5.4 Resistencia Promedio a los 7 Días con la Azúcar Morena y Aditivo ASTM C494 Tipo B al 0.03%	67
4.5.5 Resistencia Promedio a los 14 Días con la Azúcar Morena y Aditivo ASTM C494 Tipo B al 0.03%	67
4.5.6 Resistencia promedio a los 21 días con la azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B al 0.03%.....	68

4.5.7 Resistencia Promedio a los 28 Días con la Azúcar Morena y Aditivo ASTM C494 tipo B al 0.03%.....	68
4.5.8 Resumen de los Resultados a Compresión a los 7, 14, 21 y 28 Días de Curado	69
4.6. RESULTADOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO MEDIANTE LA AGUJA DE VICAT (NTE INEN 158:2009)	70
4.6.1. Tiempo de Fraguado de la Mezcla Patrón	70
4.6.2. Tiempo de Fraguado de la Mezcla con 0.03% de Aditivo Retardante ASTM C494 Tipo B.....	71
4.6.3. Tiempo de fraguado de la mezcla con 0,03% de azúcar morena	72
4.6.4. Resumen de Resultados del Tiempo de Fraguado	74
4.7 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	75
4.7 ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	79
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 CONCLUSIONES	82
5.2 RECOMENDACIONES	83
ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Azúcar morena utilizada en el proyecto	11
Figura 2 Equipo para la realización de la mezcla con consistencia normal.....	38
Figura 3 Calibración del aparato manual de Vicat.....	38
Figura 4 Retiro de exceso de agua del agregado grueso	41
Figura 5 Eliminación de material innecesario para el ensayo respectivo	41
Figura 6 Determinación del estado de absorción de la arena.....	43
Figura 7 Azúcar morena utilizada en la mezcla de hormigón.....	46
Figura 8 Aditivo <i>ASTM C494 tipo B</i> utilizado en la mezcla de concreto	47
Figura 9 Materiales pesados y listos para realizar la mezcla de concreto.....	51
Figura 10 Realización de la mezcla de hormigón	51
Figura 11 Ensayo de asentamiento del hormigón	52
Figura 12 Medición de asentamiento del hormigón fresco.....	52
Figura 13 Elaboración de cilindros de concreto.....	53
Figura 14 Cilindros colocados en la piscina de curado.....	54
Figura 15 Ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón..	55
Figura 16 Laboratorista capacitado realizando el ensayo respectivo.....	55
Figura 17 Realización de la muestra para el ensayo de la aguja de Vicat	57
Figura 18 Realización del ensayo de la aguja de Vicat.....	57
Figura 19 Curva granulométrica del agregado grueso	60
Figura 20 Curva granulométrica del agregado fino	61
Figura 21 Respectiva comparación de las resistencias obtenidas a los 7, 14, 21 y 28 días, para el porcentaje del 0.03% de aditivo, tanto de la azúcar morena y ASTM C494 tipo B	69
Figura 22 Curvas de resistencia vs días de fraguado para aditivos al 0.03%	70

Figura 23 Representación gráfica de los datos del tiempo de fraguado Vicat de la mezcla patrón	71
Figura 24 Representación gráfica de los datos del tiempo de fraguado Vicat de la mezcla con un aditivo ASTM C494 TIPO B al 0.03%.....	72
Figura 25 Representación gráfica de los datos del tiempo de fraguado Vicat de la mezcla con azúcar morena al 0.03%.....	73
Figura 26 Resumen del tiempo de fraguado	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos de resistencia a la compresión cuando no se disponen de datos estadísticos	28
Tabla 2 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción	28
Tabla 3 Requisitos aproximados de agua mezclada y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximo de agregado	29
Tabla 4 Correlación entre agua/cemento y la resistencia a la compresión.....	29
Tabla 5 Relación agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas	30
Tabla 6 Volumen de agregado grueso (m ³) por volumen unitario de concreto ...	30
Tabla 7 Cálculos tentativos del peso volumétrico del concreto fresco	31
Tabla 8 Operacionalización de variables	39
Tabla 9 Determinación de la masa unitaria suelta del agregado fino.....	58
Tabla 10 Determinación de la masa unitaria suelta del agregado grueso	58
Tabla 11 Determinación de la masa unitaria suelta del agregado grueso	59
Tabla 12 Análisis granulométrico del agregado grueso	59
Tabla 13 Análisis granulométrico del agregado fino	60
Tabla 14 Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado grueso	61
Tabla 15 Densidad y porcentaje de absorción del agregado grueso	62
Tabla 16 Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.....	62
Tabla 17 Determinación del contenido de humedad del agregado fino	63
Tabla 18 Numero de cilindros por muestra con sus respectivos días de curado..	63
Tabla 19 Diámetro, altura, área, peso volumen, carga, resistencia a la compresión y eficiencia de los cilindros de la muestra patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayados a la resistencia a la compresión.....	64

Tabla 20 Diámetro, altura, área, peso volumen, carga, resistencia a la compresión y eficiencia de los cilindros de la muestra con la azúcar morena de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayados a la resistencia a la compresión	65
Tabla 21 Diámetro, altura, área, peso volumen, carga, resistencia a la compresión y eficiencia de los cilindros de la muestra con un aditivo retardante ASTM C494 tipo B de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayados a la resistencia a la compresión.....	66
Tabla 22 Resistencia a los 7 días para un $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0.03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B	67
Tabla 23 Resistencia a los 14 días para un $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0.03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B	67
Tabla 24 Resistencia a los 21 días para un $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0,03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B	68
Tabla 25 Resistencia a los 28 días para un $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0.03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B	68
Tabla 26 Resumen de los resultados a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de curado para el 0.03% del peso del cemento de la azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B	69
Tabla 27 Datos obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado de la mezcla patrón	71
Tabla 28 Datos obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado de la mezcla con 0.03% de aditivo retardante.....	72
Tabla 29 Datos obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado de la mezcla con 0.03% de azúcar morena	73
Tabla 30 Resumen de resultados del tiempo inicial de fraguado	74
Tabla 31 Resumen de resultados del tiempo final de fraguado.....	74
Tabla 32 Análisis de precios unitarios de hormigón de la mezcla patrón de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	76
Tabla 33 Análisis de precios unitarios de hormigón de la mezcla con azúcar morena al 0.03% de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	77

Tabla 34 Análisis de precios unitarios de hormigón de la mezcla con aditivo SIKA
RETARDER (ASTM C494 tipo B) al 0.03% de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ 78

“EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN ADITIVO ASTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM²”

Autor: Vera Suárez Renato Julián

Tutor: Ing. Villao Vera Raúl Andrés, MSc

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación, se dio el uso de dos aditivos, uno convencional y otro que no se usa comúnmente en construcción, siendo un aditivo ASTM C494 tipo B (SIKA RETARDER) y la azúcar morena, respectivamente, en un porcentaje de 0.03% para lograr, a los 28 días de fraguado, una resistencia de 210 kg/cm², donde la misma será afectada por los aditivos. Se diseñó la mezcla de hormigón siguiendo la metodología mencionada en ACI 211 y a los agregados, se los ensayó siguiendo las normativas ASTM Y NEC. Se reflejó, en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, que los testigos de hormigón, disminuyeron su resistencia final, con la azúcar morena, en 15.61%, y con el aditivo retardante ASTM C494 tipo B, el 6.64%, en comparación con la muestra patrón. A modo de conclusión, con respecto a los resultados que se obtuvieron, se recomienda el uso de azúcar morena si se requiere un tiempo de fraguado prolongado, pero para garantizar una mayor resistencia, se recomienda el aditivo ASTM C494 tipo B, a pesar de que el tiempo de fraguado sea menor.

PALABRAS CLAVE: Resistencia a la compresión, ASTM C494 tipo B, azúcar morena, aditivos, hormigón.

“EVALUATION BETWEEN BROWN SUGAR AND AN ASTM C494 TYPE B ADMIXTURE FOR CONCRETE WITH A COMPRESSIVE STRENGTH OF 210 KG/CM²”

Autor: Vera Suarez Renato Julián

Tutor: Ing. Villao Vera Raúl Andrés, MSc

ABSTRACT

In the present research project, two additives were used: one conventional and another not commonly employed in construction. These were an ASTM C494 Type B retarding admixture (SIKA RETARDER) and brown sugar, respectively, both at a dosage of 0.03%. The goal was to achieve a compressive strength of 210 kg/cm² at 28 days of curing, acknowledging that the additives would influence this outcome. The concrete mix was designed according to the methodology specified in ACI 211, and the aggregates were tested in compliance with ASTM and NEC standards. The results of the compressive strength tests indicated that the concrete specimens experienced a reduction in final strength: 15.61% with the use of brown sugar, and 6.64% with the ASTM C494 Type B retarder, compared to the control mix. In conclusion, based on the results obtained, the use of brown sugar is recommended when a longer setting time is required. However, to ensure higher compressive strength, the ASTM C494 Type B retarder is preferable, even though it results in a shorter setting time.

KEYWORDS: Compressive strength, ASTM C494 type B, Brown sugar, admixtures, concrete.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Desde los orígenes de la historia de la construcción, el hormigón ha desempeñado un papel fundamental. Desde la antigüedad, cuando se optó por utilizar materiales arcillosos o pétreos como elementos clave en los procesos constructivos, surgió la necesidad de desarrollar pastas o morteros que pudieran unir estos elementos para formar estructuras estables. Esta necesidad condujo al desarrollo de la fórmula básica del hormigón, compuesta principalmente por cemento, agregados y agua, fórmula que con el tiempo se ha establecido como el estándar principal en la construcción de obras civiles a nivel mundial.

En las últimas décadas, se han realizado significativos avances tecnológicos en el campo constructivo en torno al hormigón, orientados a mejorar sus propiedades y asegurar la confiabilidad en su uso durante el proceso de construcción. Estos avances no solo buscan optimizar las características mecánicas del hormigón, como resistencia y durabilidad, sino también mejorar su manejabilidad y comportamiento frente a condiciones constructivas, aplicativas y ambientales variables en todo el mundo.

La continua evolución tecnológica ha permitido la introducción de nuevos tipos de cemento y aditivos que mejoran las propiedades del hormigón, tales como la plasticidad, la resistencia al desgaste, la resistencia a la compresión y la capacidad de resistir entornos agresivos. Además, se ha trabajado en desarrollar técnicas de mezclado más eficientes y métodos de curado avanzados que optimicen el proceso de producción y la calidad del producto final. El hormigón constituye un material de uso predominante tanto en contextos urbanos como rurales, desempeñando un papel esencial en el desarrollo de la construcción. Su alta resistencia mecánica, durabilidad y capacidad de adaptarse a diversas condiciones lo posicionan como el recurso constructivo preferente en proyectos de infraestructura, edificaciones y obras de ingeniería civil. Esta preferencia se debe, en gran medida, a la posibilidad de modificar su dosificación y características según los requerimientos específicos de cada obra. (Ferrol, 2024)

Existiendo casos como los del hormigón de alta resistencia donde se es crucial en aplicaciones donde se requiere una capacidad estructural robusta, como en

construcciones industriales o infraestructuras sometidas a cargas pesadas. La incorporación de aditivos retardantes tiene como objetivo controlar el tiempo de fraguado y mantener su manejabilidad del hormigón durante su colocación, asegurando al mismo tiempo que las propiedades finales de resistencia no se vean comprometidas. Los aditivos para concreto fluido juegan un papel significativo al reducir la cantidad de agua necesaria para obtener una consistencia adecuada.

Se utilizan para reducir la cantidad de agua requerida para alcanzar una cierta consistencia en el concreto. Se añaden a mezclas con baja fluidez y una proporción baja de agua respecto al cemento para producir concretos fluidos con un alto asentamiento que, sin embargo, son fáciles de trabajar y pueden colocarse con mínima o ninguna vibración. Estos aditivos también ayudan a mitigar problemas como la exudación y la segregación, siempre y cuando se apliquen correctamente. Su principal función es mejorar la manipulación del concreto fresco y/o reducir la cantidad de agua necesaria para alcanzar un determinado asentamiento. Las aplicaciones más frecuentes del concreto fluido incluyen su uso en secciones delgadas, en áreas con armaduras de refuerzo cercanas entre sí, bajo el agua, en operaciones de bombeo para reducir la presión requerida, y en lugares donde los métodos convencionales de consolidación no son viables. (Silva, s.f.)

En la industria de la construcción, el avance de tecnologías y materiales nuevos es fundamental para la evolución continua del hormigón. Se observa un creciente interés en investigar aditivos alternativos que puedan proporcionar ventajas adicionales en términos de sostenibilidad y eficiencia.

A lo largo de la historia, se han utilizado diversos aditivos para mejorar las características del hormigón. Entre estos aditivos se encuentran los retardadores convencionales, que desempeñan un papel crucial al controlar el tiempo de fraguado y al mejorar la facilidad de manejo durante el proceso de colocación. Estos retardadores no solo permiten ajustar el tiempo necesario para que el hormigón alcance la rigidez adecuada, sino que también mejoran la capacidad de los operarios para trabajar con el material de manera más eficiente y precisa durante su aplicación en obras de construcción. (Jones & Brown, 2019). No obstante, hay un creciente interés

en investigar aditivos distintos que puedan proporcionar ventajas adicionales en cuanto a sostenibilidad y eficacia. (Johnson, 2020).

En los últimos años, se va consolidando el adicionar aditivo a un concreto convencional como una tecnología del concreto moderno en las grandes empresas a nivel internacional lo están empleando en sus construcciones de obras civiles con la finalidad de minimizar riesgos en la hora de controlar el diseño de mezclas del concreto original y, a la vez, reducir los vacíos existentes en el hormigón o ratoneras a la hora del desencofrado del concreto.

Reduce la Contracción y la Fisuración: Los plastificantes reducen la contracción del hormigón durante el curado, lo que disminuye la probabilidad de fisuración (Al-Gburi & Yusuf, 2022).

La investigación y el desarrollo en el campo del hormigón han llevado a la creación de normativas y estándares cada vez más estrictos que regulan su composición y aplicación en diferentes tipos de estructuras. Estos estándares aseguran que el hormigón cumpla con las exigencias de diseño especificadas, garantizando así la seguridad y el rendimiento a largo plazo de las obras construidas con este material. El sector de la construcción ha centrado sus esfuerzos en la investigación y desarrollo de aditivos con propiedades retardantes del fraguado, así como en la determinación de sus dosificaciones óptimas, con especial énfasis en su aplicación en hormigones premezclados. (Palaniappan, Murugan, Gurusamy, Koppayaraj, & Sivasubramanian, 2024)

La azúcar morena ha surgido como un aditivo potencialmente viable debido a sus propiedades únicas que podrían influir positivamente en el tiempo de fraguado y otras características del hormigón. Aunque este aditivo ha sido menos estudiado en comparación con los retardantes convencionales, que suelen ser compuestos químicos sintéticos, y característicamente la azúcar morena no se ha considerado un componente clave en la industria de la construcción, estudios iniciales sugieren que podría tener un impacto significativo con su capacidad para retardar el fraguado sin comprometer la resistencia final del hormigón es un área de investigación prometedora. Este descubrimiento abre nuevas perspectivas para la optimización en obra, explorando aditivos que no solo cumplen con los estándares de rendimiento,

sino que, también promueven prácticas más sostenibles en la construcción moderna. (White, 2021).

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El control del proceso de fraguado del hormigón es de suma importancia. En general, cuando se tienen climas inestables, o condiciones de vaciado complicadas. Muchas veces no se tiene el factor económico para la utilización de aditivos, puesto que se tratan de buscar soluciones al respecto, o por defecto, no tratan este problema, dando como resultado un mal manejo y una aplicación del concreto inadecuada, trayendo a corto, mediano, o largo plazo, problemas en la resistencia del hormigón, en general, problemas en sus propiedades mecánicas, en las cuales depende el desempeño de toda una estructura, que fácilmente puede tener consecuencias destructivas, las cuales, siempre se trata de evitar con un correcto diseño.

En casos que se evidencian en Ecuador, para construcciones convencionales, donde no hay un proceso de fiscalización adecuado, o en el peor de los casos, no existe presencia alguna de un especialista, donde solo se encuentran maestros de obra que han adquirido experiencia de manera empírica, donde pueden aplicar métodos erróneos para aumentar la trabajabilidad del hormigón, para tratar de dar una solución, reflejando resultados perjudiciales de la estructura, muchas veces, sin haber transcurrido unos cuantos años.

Existiendo casos donde se accede a personal capacitado para realizar un diseño de hormigón, vinculado a las necesidades de la estructura, pero en obra, no respetan lo planteado en planos.

Las edificaciones informales además carecen de un adecuado diseño de hormigón, generalmente con exceso de agua en la mezcla. Algo similar se puede decir de la cantidad de acero usado en las estructuras, de su doblado, figurado, amarrado, de manera antitécnica. “Y qué decir de la elaboración de mampuestos (morteros para mamposterías), de deficiente fabricación, de la calidad de las mezclas” (Vizúete, 2011, párrafo once).

La trabajabilidad del hormigón es extremadamente importante, al igual que la resistencia a la compresión del hormigón. Si el hormigón no es viable, las

obras serán muy difíciles. Es muy difícil procesar hormigón con baja trabajabilidad. Además, esto puede provocar problemas de calidad durante la construcción (MAGALHÃES, 2024, párrafo uno).

Como se logra apreciar, en investigaciones que se han realizado, no solo en Ecuador, también en países distintos, tanto en años anteriores, como en la actualidad, las soluciones empíricas, pueden llevar a una mala dosificación, por lograr una trabajabilidad requerida en el concreto, causando daños severos, no solo al elemento por construir, si no, a los demás materiales, en tal caso hablemos de hormigón estructural, tanto con refuerzos longitudinales y transversales.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, en un país que se encuentra en una zona de alta sismicidad, no se puede pasar por alto la resistencia del elemento más importante de una estructura de hormigón armado, que es el concreto mismo, siendo esta, una de las principales fallas que se observaron en el sismo de pedernales, del año 2016, evidenciando fallas de columnas por un hormigón pobre, como aplastamiento, o en el peor de los casos, elementos a compresión que explotaron debido a la mala práctica constructiva que se aplicaba, y se sigue aplicando en la actualidad.

“Por hacer más manejable el hormigón ponen más agua y esto provoca que un eje de la vivienda falle y, en el sismo, se incline a un solo lado” (El comercio, 2016, párrafo catorce).

“Con la destrucción del 80% de edificaciones de Pedernales- el cantón manabita más afectado por el terremoto- se confirmó una vez más la mala práctica constructiva y el exceso de confianza en no profesionales” (El comercio, 2016, párrafo dos).

Los esfuerzos de los profesionales o conocedores en el tema, acerca del beneficio de los aditivos en el hormigón, en el mayor de los casos, es nulo, puesto que, por la problemática general, que es el factor económico, acceden y colocan su confianza en personal no capacitado para tomar decisiones vitales. Siendo esto considerado como cultura, en la construcción de nuestro país. Haciendo más difícil que los ciudadanos consulten o indaguen soluciones a esta problemática.

El exceso de agua en el hormigón, por evitar el uso de aditivos, es un fenómeno el cual, trae consigo, no solo el empobrecimiento del elemento, con respecto a su desempeño, también causa efectos secundarios, en el caso de que los defectos no se presenten de manera inmediata, como el agrietamiento, o los vacíos dentro del elemento estructural, llamados empíricamente como ratoneras.

Con el propósito de lograr resultados, recolectando datos provenientes de los ensayos de laboratorio necesarios, donde se logre percibir los efectos del aditivo propuesto, que es la azúcar morena, gracias a su resistencia a la compresión entre los 7, 14, 21 y 28 días del concreto, reconocer que, al usar el reactivo, se obtienen evidencias de su efectividad, así con el presente estudio, presentar una propuesta a la sociedad, económica, en comparación de otros métodos convencionales, para lograr una trabajabilidad deseada, o mejor, que prácticas dañinas para elementos estructurales. Pudiéndose aplicar, no solamente en edificaciones, también, con estudios previos, en cualquier ámbito donde se requiera economizar en aditivos, por falta de presupuesto, logrando consigo, una propuesta para enfocar, sin negligencia, de manera segura para los ocupantes de la vivienda, o edificación presupuesta en actividades para mejorar la competitividad económica.

1.2. ANTEDECENTES

Se puede citar, Internacionalmente a (ALVAREZ GUILLÉN, 2017) donde en "Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto". En la presente investigación, cuyo objetivo fue "Analizar si el uso de azúcar morena y blanca es apta para mezclas de concreto, como retardante y modificador de resistencia." Analizar dos reactivos similares, las cuales son, la azúcar blanca y morena, el cual, para el estudio mencionado, se eligieron varios porcentajes para ambos, realizando cilindros de hormigón, para comprobar su resistencia a la compresión, y el ensayo de velocidad de endurecimiento del hormigón, para verificar el tiempo que le toma a la mezcla, llegar al fraguado inicial y final. La investigación, logro que se lleguen a los resultados finales, los cuales muestran que, como conclusiones relevantes, brindándonos consigo, el porcentaje a utilizar en nuestra investigación el cual es 0.03% para el uso de nuestros reactivos.

Además, en un proyecto de titulación, el cual se realizó en Perú, (Mego Delgado, 2019) el cual es "Evaluación del efecto retardante del aditivo SIKA RETARDER

PE y el azúcar blanca, en elemento columna para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en Lima 2019”, que tiene como objetivo determinar, tanto para la azúcar morena, como para el retardante SIKA RETARDER PE, sus influencias en un concreto de resistencia específica, donde nos brinda datos del siguiente reactivo a utilizar, el cual es el SIKA RETARDER PE, un aditivo ASTM C494 tipo B, realizando los mismos ensayos antes mencionados, con similares relaciones en porcentajes utilizados en las pruebas, ofreciéndonos datos con los cuales podemos partir en nuestra investigación. Teniendo así, como conclusión de la presente tesis, de los autores correspondientes, qué ambos reactivos utilizados, tienen efectos retardantes, resaltando que el SIKA RETARDER PE, cuenta con mejores resultados, siendo este, un producto elaborado específicamente para este uso.

Para el antecedente local, se ha seleccionado el proyecto de titulación, donde no habla específicamente de retardantes (Alejandro Vera & Costa Alume, 2019) donde su tópico a tratar es “Variabilidad del tiempo de fraguado del hormigón debido a la mezcla de aditivos retardantes y plastificantes”, en el cual, su objetivo principal es Crear nomogramas que muestren la relación entre las combinaciones de aditivos empleados en la planta de hormigón premezclado y el tiempo de fraguado del hormigón, mediante la realización de pruebas calorimétricas. Donde, siguiendo la normativa y los procesos respectivos, proyectaron el fraguado inicial en relación con el uso de plastificantes y retardantes, en 5 monogramas, los cuales generaron con los datos de los ensayos aplicados. Teniendo, en conclusión, que los aditivos se deben de utilizar con respecto al cemento a utilizar en la dosificación, probando o consultando en investigaciones previas, resultados óptimos a utilizar.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General

La evaluación entre los distintos aditivos que se aplicaran para la realización de las mezclas de hormigón, logrará la identificación de resultados óptimos que demostrará su eficiencia para su respectivo uso en construcción.

1.3.2. Hipótesis Específicas

H.E.1.: Uno de los aditivos proporcionará un aumento del tiempo de inicio de fraguado de la pasta de cemento, debido a la composición químicas de los mismos.

H.E.2.: La aplicación de los aditivos mejorará la resistencia del hormigón, que reaccionan directamente con el cemento.

H.E.3.: La incorporación de azúcar morena y un aditivo que cumpla la norma ASTM C494 tipo B en la mezcla de hormigón contribuye a la mejora de sus propiedades mecánicas y de durabilidad, lo que respalda su utilización como una alternativa eficiente para optimizar el rendimiento en construcción.

1.4. OBJETIVOS

Los siguientes objetivos, tanto generales como específicos, se plantearon para el proyecto de investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el desempeño de la azúcar morena frente a un aditivo retardante que cumpla la normativa ASTM C494 tipo B en un porcentaje de 0.03% en la fabricación de hormigón de resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

1.4.2. Objetivos Específicos

O.E.1.: Lograr un diseño de un hormigón simple de cemento hidráulico con azúcar morena y un aditivo retardante ASTM C494 tipo B en un porcentaje del 0.03% del peso del cemento utilizado en la mezcla.

O.E.2.: Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de la mezcla patrón y aquellos correspondientes a las mezclas modificadas mediante la incorporación de aditivos en el porcentaje establecido para el presente estudio.

O.E.3.: Evaluar si la incorporación de azúcar morena en la mezcla es viable económicamente.

1.5. ALCANCE

El proyecto de titulación que se presenta, tiene el objetivo de evaluar el efecto retardante de dos aditivos seleccionados, tanto la azúcar morena, como el convencional que cumpla con la normativa ASTM C494 TIPO B, en el hormigón, que puede ser utilizado para varios elementos estructurales, enfocando sus resultados en el comportamiento de los cilindros al ensayo a compresión, donde anterior a lo mencionado, se deberán realizar ensayos de laboratorio respectivos para la correcta dosificación, como son:

La investigación requerirá un tiempo estimado de 3 meses, rango de tiempo, en los cuales, se obtendrán los resultados del efecto de ambos aditivos propuestos en el hormigón, a los 7, 14, 21 y 28 días, donde se comprobará el efecto retardante y su incidencia en la resistencia a la compresión de ambos, especialmente en el aditivo propuesto no convencional, el cual es la azúcar morena, con un porcentaje de 0.03%.

Retracción hidráulica, impermeabilidad, contenido de aire, durabilidad, corrosión, y ataques a sustancias químicas, son aspectos que no se van a considerar, ni se realizaran ensayos en el presente trabajo de investigación.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Dependientes

Modificar la resistencia a la compresión de un hormigón de 210 kg/cm² y el tiempo de fraguado de una pasta de cemento de consistencia normal.

1.6.2. Variables Independientes

Implementación de los aditivos seleccionados a la mezcla de hormigón hidráulico, con respecto a la cantidad de cemento utilizado en la misma.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

Contiene, para respaldar la investigación del proyecto de tesis, los fundamentos tecnológicos y científicos necesarios, obtenidos de los antecedentes internacionales, es importante citar su fuente.

Abordar la situación actual, es necesario para verificar la información obtenida, con los resultados del estudio, logrando simultáneamente el respaldo de las conclusiones.

2.1. AZÚCAR

Según (Raven, Johnson, Mason, Losos, & Singer, 2014), las moléculas de fructosa y glucosa, son las que forman la sacarosa, conocida de manera coloquial como azúcar de mesa. Esta es un disacárido que tiene como fuentes la remolacha azucarera y la caña de azúcar, y tienen como nombre científico: *Beta vulgaris vulgaris* var. *Altissima* y *Saccharum officinarum* L., respectivamente.

2.2. AZÚCAR MORENA

Al ser un azúcar de sacarosa parcialmente refinado, o por defecto, sin refinar, adquiere su color amarillo oscuro característico por la presencia de contenido residual de melaza, o de otra manera, por la adición de melaza al azúcar ya refinado, o blanca. Que, a comparación del azúcar común, que tiene un 99.5% de sacarosa, la azúcar morena tiene un 85% del elemento mencionado, lo cual resulta una diferencia no significativa.

O, como mencionan Zschimmer & Schwarz en su investigación:

“El **azúcar blanco**, el endulzante clásico, contiene un 99.5% de sacarosa y el **azúcar moreno** contiene un 85% de sacarosa, por lo que no hay una diferencia significativa entre ambos” (Zschimmer & Schwarz, 2023, párrafo siete).

Figura 1

Azúcar morena utilizada en el proyecto



2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL AZÚCAR

Llegada la materia prima a la fábrica, la anterior mencionada caña de azúcar, conlleva a una serie de procesos para obtener el producto, o azúcar morena, los cuales se enlistan a continuación:

- Extracción del jugo
- Purificación o clarificación del jugo
- Concentración del jugo por evaporación
- Cristalización del azúcar
- Separación del azúcar por centrifugación

2.3.1. Extracción del Jugo

Cuando esta llega a la planta de azúcar, se pesa la caña descargada en un basculador, para luego ser transportada mediante esteras hacia molinos que se encuentran en conjunto para ser sometida a un proceso de extracción del jugo, a manera de compresión, separando el bagazo. Teniendo como resultado una extracción casi total de la materia prima.

2.3.2. Purificación o clarificación del jugo

El producto obtenido en el proceso anterior, se lo denomina "jugo mezclado". El mismo es turbio con un contenido de impurezas, siendo, por sí solo, no apto para obtener azúcar de buena calidad, puesto que, por lo antes mencionado, es ácido.

Por esto, se emplea generalmente calor y cal, para el proceso de clarificación. Siendo un neutralizante de la acidez, la cal, el cual las sales insolubles de calcio, son un resultado. En su mayoría, fosfatos de calcio.

El calor, o calentamiento hasta el punto de ebullición del jugo alcalizado coagula algunas gomas, ceras, grasas y la albúmina.

Mediante sedimentación, se separan los lodos del jugo y se filtra mediante tambores rotativos de filtración.

Luego del proceso mencionado, se transfiere el jugo clarificado transparente hacia los evaporadores sin tratamiento adicional.

2.3.3 Evaporación (concentración)

Para poder ser concentrado, el jugo clarificado se lo dirige hacia los evaporadores, teniendo como objeto del proceso, la evaporación de un porcentaje alto de agua con un consumo de energía mínimo, donde trabajaran de 3 a 5 en serie. A cada uno de los antes mencionados, se los puede denominar de varias maneras, sea cuerpo, efecto o vaso. Aplicando, vapor a baja presión, en el primer vaso, transfiriendo calor al jugo, dando como resultado, la evaporación de una cantidad de agua, así consecutivamente, a los demás vasos, cada uno encargado de evaporar un cierto porcentaje de agua hasta llegar al último.

Al resultado de este proceso, es decir, el jugo concentrado, se lo denomina moledura.

2.3.4. Cristalización

Para llegar a la formación característica de este material, las cuales son cristales de formas geométricas definidas, la solución de sacarosa, con o sin impurezas, gracias al proceso anterior, llega a un punto de sobresaturación, donde se reagrupan de una manera ordenada, las moléculas de sacarosa, que están dispersas. El equipo donde se realiza esta operación, se llama tachos al vacío.

Mientras que, el llamado "tachero", el cual es el que se encarga de dar seguimiento, gracias a su experiencia, esta parte del proceso, cristales adicionados,

no se formarán, teniendo como resultado, tamaños de cristales deseados, todo esto, cuando el tacho está lleno en su totalidad.

2.3.5. Separación del azúcar por centrifugación

En el proceso de cristalización, se crea la masa cocida, donde se las dirige hacia las centrífugas, las cuales son máquinas giratorias, donde se realiza un proceso de separación entre los materiales que conforman el presente producto, los cuales son los cristales de azúcar que se han formado, y la miel.

Teniendo el cuidado respectivo en la utilización del agua, por la posible disolución del producto, puesto que se añade cierta cantidad, mientras la miel es expulsada al aumentar la velocidad de giro.

Se puede obtener varias tonalidades de azúcar morena en esta etapa del proceso de elaboración, dependiendo que tan clarificada se requiera, con mayor o menor cantidad de miel que recubre el producto para posteriormente ser envasado.

2.4. HORMIGÓN

El presente material, llamado hormigón, o concreto es el resultado de la mezcla entre dos componentes, los cuales son los agregados, tanto fino como grueso, y la pasta, la misma está formada por cemento y agua, mediante su proceso de fraguado, sirve para unir, con su endurecimiento, en consecuencia, de las reacciones químicas, a los materiales antes mencionados.

El agregado fino puede ser arena artificial, o natural, generalmente obtenida de ríos de agua dulce, puesto que la salinidad de la arena de agua salada, puede ocasionar efectos negativos en el concreto.

El agregado grueso, normalmente empleadas, como tamaño máximo, 19 mm o 25 mm, es decir, $\frac{3}{4}$ o 1 pulgada, respectivamente. O técnicamente hablando, pueden ser partículas retenidas, las cuales, por tamices N°4, donde pueden llegar hasta 6 pulgadas, teniendo en otras medidas, 4.78 mm y 150 mm, respectivamente.

La pasta, está compuesta de cemento y agua, las cuales van a variar dependiendo la resistencia que se le quiera dar al concreto, y el aire entrampado, que es incorporado intencionalmente.

Hay que seleccionar adecuadamente los materiales a utilizar, tanto los agregados gruesos, como finos, puesto que, estos conforman entre el 60% y el 75% de la totalidad del volumen del concreto. Se debe haber realizado los respectivos estudios a los agregados para que cumplan su función mecánica, en óptimas condiciones, teniendo resultados satisfactorios en los diversos campos que pueda ser utilizado.

Existen ventajas del usar menos cantidad de agua en el concreto, todo en proporción y realizando un seguimiento con respecto a las normas. Algunas de estas ventajas son:

- Su resistencia aumenta
- Adquiere una mejor unión con la armadura, en caso de los hormigones armados.
- Cambios de volúmenes menores por el fraguado.

2.5. PROPIEDADES FUNDAMENTALES DEL CONCRETO

Se puede decir que, en la parte práctica, el hormigón presenta 2 estados, uno plástico, que se presenta al momento de fabricarlo, donde se dan uso a los encofrados, para darle la forma adecuada, según los planos estructurales, y otro rígido, que es la etapa donde está adquiriendo su resistencia a la cual ha sido diseñada, o ya alcanzada la misma.

El hormigón, en su estado previo a su elaboración, es decir, fresco o plástico, ya presenta reacciones químicas, las cuales son responsables de tener un material final, que cumple con aplicaciones estructurales. Esta es una masa, donde se puede identificar los materiales que componen al mismo, es decir, es heterogénea, que tiene distintas fases, las cuales son gaseosas, sólidas y líquidas, que están en proporciones previamente especificadas por un diseño.

Su estado rígido, generalmente es alcanzada cuando se llega a su resistencia final, o previas a la misma, donde la pasta antes mencionada, es endurecida por procesos químicos.

2.5.1. Trabajabilidad

El concreto debe tener la capacidad de ser manejado o transportado sin la pérdida de sus componentes, puesto que debe de tener una fácil colocación, acabado y consolidación, resistiendo a la segregación.

Cada tipo de hormigón, debe de tener una trabajabilidad correspondiente a los que se requiera, por esto, hay factores influyentes en lo mencionado:

- La duración del transporte y sus métodos del mismo.
- Características y proporciones del cemento a utilizar.
- El asentamiento requerido, verificado por el cono de Abrams.
- Aire entrampado o incorporado, según el diseño.
- Proporción del agua.
- Condiciones ambientales.
- Aditivos.

2.5.2. Consistencia

Se puede considerar la consistencia como un indicador del punto mencionado anteriormente, el cual es la trabajabilidad, teniendo como una comprobación del presente punto, gracias a las pruebas, como la prueba de revenimiento o cono de Abrams, que se realizan previo a la elaboración de cilindros, o como último paso del diseño de mezclas de hormigón.

Los resultados de la prueba de revenimiento, puede indicarnos cuál es la consistencia de la mezcla, puesto que, si se tiene un bajo revenimiento del concreto, rígida o seca, será su consistencia, teniendo resultados negativos, como la dificultad de colocación, compactación será complicado. Mientras que, si se tienen resultados muy húmedos, puede existir a futuro, formación de huecos, más conocidos como ratoneras.

2.5.3. Asentamiento y Exudación

La exudación, también conocida como sangrado del hormigón fresco, es la creación de una capa delgada de agua, en forma de lámina, en la superficie del mismo. La cual se produce mediante el efecto del asentamiento, o sedimentación,

de los cuales, están involucradas las partículas sólidas, como el cemento, agregados, el cual ocasiona que el agua se transfiera a la superficie.

Este efecto es común, por lo que no debería afectar a la resistencia de diseño del hormigón, teniendo en cuenta, que posteriormente se tuvo que colocar en el encofrado de una manera adecuada, consigo, un acabado y curado de calidad.

Aclarando que todo debe de permanecer en los límites adecuados, puesto que, si estos efectos son excesivos, si tendrá repercusiones en el futuro, como vienen siendo la poca durabilidad.

2.5.4. Resistencia

Siendo el concreto, un material estructural, en la mayoría de los casos, el punto mencionado, es uno de los más importantes a tener en cuenta, puesto que determina la amplitud.

En la elaboración de los cálculos, para el diseño de la resistencia del hormigón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, determinada en los días de fraguado respectivos, donde es la relación A/C (agua - cemento) establece el curado respectivo, luego de la elaboración de los cilindros.

2.5.5. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión de diseño, también denotada con " f'_c ", debe ser excedida por la resistencia a la compresión real.

Por la normativa (NTE INEN 1573, 2010) se tienen varios días, en los cuales se debe de llegar a un porcentaje de la resistencia deseada, los cuales son, los más utilizados son: 7, 14, 28 y 56 días, donde el día 28, tendría que alcanzar la máxima resistencia esperada, o de diseño. Estimando un 75% de la resistencia máxima al día séptimo, como se mencionaba antes, al vigésimo octavo día, el 100%, y el quincuagésimo sexto día, un aproximado del 10% mayor que la resistencia deseada.

Existen ensayos para encontrar la resistencia a la compresión de nuestras muestras, que se han elaborado mediante un meticuloso diseño, por experimentación, en las llamadas probetas, o cilindros de concreto, con medidas

reguladas por normas, como el diámetro, de 15 centímetros (cm), 30 centímetros (cm) de altura.

2.5.6. Relación Agua – Cemento (A/C)

Tener una relación óptima de este parámetro, debe de ser una prioridad del diseñador para obtener un hormigón aceptable y manejable, siempre cumpliendo los estándares, puesto que, mientras más baja es la relación entre estos dos materiales, el concreto tendrá una mayor resistencia.

Según (Cárdenas, Cordero, & Rojas, 2019), la relación agua-cemento se define, para un conjunto específico de materiales y condiciones de elaboración, como el cociente entre la masa de agua efectiva (excluyendo la absorbida por los agregados) y la masa de cemento en la mezcla. Esta relación constituye un parámetro fundamental en la determinación de la resistencia mecánica del concreto endurecido.

2.5.7 Densidad

2200 kg/cm³ a 2400 kg/cm³, es la masa volumétrica, también conocida como densidad del concreto que, normalmente, se utiliza en edificaciones. La misma varía dependiendo de su uso, puesto que, en el diseño, hay diversos factores que pueden verse inmersos en su cambio, como el aire incluido, cantidades de cemento y agua. Mientras que, al aumentar las cantidades de los agregados, aumenta la masa volumétrica, disminuyendo la pasta.

2.5.8 Durabilidad

La vida útil del concreto, depende de las condiciones ambientales en las que se encuentran sus componentes, proporciones del diseño, la colocación en el encofrado y su respectivo curado. Por esto, la durabilidad del hormigón es una cualidad que tiene el mismo, para resistir al ataque químico de su entorno, conservando sus propiedades.

2.5.9 Fraguado del Concreto

Este proceso conlleva varios días, donde se debe de considerar las óptimas condiciones, con respecto a la humedad y temperatura, para que el hormigón adquiera las propiedades mecánicas esperadas, llegando a una resistencia y durabilidad, luego de un diseño. El fraguado, o curado, se efectúa en un periodo de tiempo general de siete a veintiocho días, después de que el concreto sea colocado en su respectivo encofrado o molde.

Un correcto proceso del mismo, previene problemas, en cierto punto, como lo son el agrietamiento o fisuras prematuras, puesto que la contracción por secado, es un efecto común del endurecimiento del hormigón.

En seco, es decir, sin hidratación, el hormigón no aumenta su resistencia, puesto que el cemento, necesita humedad para poder efectuar su actividad química que lo convierte en un material resistente.

2.5.10 Velocidad de Endurecimiento

Como se describe en el proceso anterior, todo se debe a un proceso químico, en el cual, generalmente ocurre en 7 a 28 días, entre el agua y el cemento, donde se genera calor, se da origen a compuestos nuevos, en diferentes velocidades de reacción.

Normalmente, el tiempo es de dos a cuatro horas, donde se da inicio al fraguado inicial, teniendo en cuenta, como punto de inicio del tiempo, la mezcla entre los materiales, específicamente cuando se genera la pasta entre el cemento y el agua, dándonos un punto de referencia de cuando el hormigón colocado y compactado del mismo, no pueda efectuarse de manera óptima.

2.6. ENSAYOS A REALIZAR AL HORMIGÓN FRESCO

Es necesario realizar pruebas, al producto final, previo a la elaboración de los cilindros, tales pueden ser las pruebas de contenido de aire, temperatura y revenimiento, dando así el seguimiento respectivo para el control de calidad de la mezcla realizada en un diseño previo.

2.6.1 Revenimiento

El conocido ensayo de asentamiento, realizado en el cono de Abrams, teniendo la normativa ASTM C-143, aceptado y mayormente utilizado por la comunidad científica y constructora, teniendo como finalidad, la medición de la consistencia del hormigón. Consta de una varilla, cuyo material es el metal, con medidas de 60 cm de longitud, con punta redondeada o semiesférica, tiene 1.6 cm de diámetro, y un cono con medidas de 30 cm de altura, 20 cm de diámetro base, y 10 cm de diámetro superior. Esto como el equipo respectivo.

Se coloca el cono de manera vertical, donde la superficie debe de ser no absorbente para que no influya en la muestra, rígida para una mayor estabilidad sin alteración en la medida, y regida, donde se debe de colocar 3 capas con cantidades aproximadamente iguales. Como primera capa, se llena hasta una altura de 7 cm, una segunda con una altura de 16 cm, y, por último, se debe alcanzar la medida acordada en la normativa, ejecutando 25 golpes por cada aplicación, es decir, después de la colocación de cada capa, se enrasa luego de la última capa, para luego levantar lentamente el cono, de 5 ± 2 segundos, aproximadamente.

Luego se realiza la medición del asentamiento con una regla desde la parte superior, hasta la base donde está colocada la muestra, es decir, la parte inferior. Teniendo un tiempo estimado de dos minutos y medio, puesto que la muestra de hormigón va perdiendo revenimiento gradualmente, afectando los resultados. Y en caso de que el ensayo falle, se debe re repetir con otra muestra.

2.6.2 Temperatura

Para este parámetro, el equipo, en este caso el termómetro, debe de tener una precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, y hasta que la lectura se estabilice, para mayor confiabilidad, debe de tener contacto por lo menos 2 minutos. Teniendo en cuenta la influencia que tiene la temperatura en las propiedades mecánicas del hormigón, tanto endurecido como recién elaborado.

2.6.3 Peso Unitario

Para este proceso, se necesita que el equipo, en este caso, una balanza, esté calibrada, y cuente con una precisión del 0.3%, puesto que los resultados obtenidos

tienen que ser precisos para determinar el rendimiento, o cantidad volumétrica. El tamaño del agregado será el determinante del tamaño del recipiente que será empleado para determinar la masa volumétrica. Teniendo un recipiente de 7 litros, podría usarse hasta tamaños de agregados de 1 pulgada, o 2 pulgadas de tamaño de agregado para moldes de hasta 14 litros.

Se debe de realizar un proceso de calibración de equipos, como mínimo una vez al año (ASTM C-1077), teniendo que utilizar golpes, o vibración interna. También la utilización, para poder enrasar la superficie del hormigón, una placa plana.

2.7. ELABORACIÓN DE CILINDROS

Las probetas, o cilindros, deben de regirse a la normativa ASTM C-31, o ASTM C-192, para ser procesadas en obra y en laboratorio respectivamente, teniendo, luego de la obtención de la muestra de hormigón, un tiempo máximo de quince minutos.

Existe una probeta con dimensiones estándar, para agregados de 5 cm, como dimensión máxima. En tal caso, los agregados a utilizar son de mayor medida, el cilindro debe de cumplir con especificaciones mínimas de ser el triple que la máxima dimensión del agregado a utilizar, y su altura el doble del diámetro.

Los cambios en el ambiente, afectaciones externas y golpes, pueden afectar directamente a la resistencia final del espécimen, dentro de 24 horas luego de haberse elaborado, es decir, que, dentro de este periodo de tiempo, las probetas se deben de mantener en un estado beneficioso para su correcta protección, sin alteraciones significantes. También, identificar los cilindros, de acuerdo a los días y aditivos agregados, es crucial para la obtención correcta de datos.

Los cilindros, que se han elaborado en campo, procediendo con su curado en el mismo sitio, se utilizan para verificar el tiempo de retiro de los encofrados, o moldes, y cuando es correcto dar uso a la estructura, o elemento, puesto que, en proyectos, se utilizan de manera complementaria con usos anteriormente mencionados, con una utilidad beneficiosa en climas no favorables.

2.8. ENSAYOS EN EL HORMIGÓN ENDURECIDO

Uno de los aspectos más importantes de realizar cilindros, es recolectar la información del hormigón ya endurecido, como lo es su resistencia a la compresión, gracias a personal capacitado previamente, y con experiencia, que efectuará el procedimiento en el equipo necesario.

2.8.1. Resistencia a la Compresión

Según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1573, 2010), indica el equipo y el procedimiento a seguir para realizar el respectivo ensayo en cilindros de hormigón, donde se ensayarán dos cilindros, o comúnmente llamados probetas, que, generalmente son de medidas quince por treinta centímetros, para una obtención de datos favorable, donde se aplicarían factores de corrección, en tal caso, la relación L/D , o longitud sobre diámetro, es resultado debe de multiplicarse por factores ya normados. Teniendo en consideración la humedad en los testigos durante el ensayo.

Existen tolerancias admisibles, en cuestión al tiempo, donde deben romperse según una edad determinada.

2.9. ADITIVOS

Su nombre hace mención de su uso, puesto que, además de los agregados, tanto finos como gruesos, el agua, y el cemento portland, este se adiciona durante o antes de la mezcla.

Hay que tener en cuenta que las buenas prácticas en el momento de su mezcla, no puede ser reemplazado por los aditivos, puesto que, estos son solo un elemento de ayuda.

2.9.1. Aditivo Incorporador de Aire

Este tipo de aditivo se utiliza para la generación de burbujas microscópicas en el concreto de manera uniforme, de manera intencional. Cuando se tienen condiciones climáticas extremadamente frías, llegando al punto de la congelación

y deshielo constante, la aplicación de este aditivo mejora la durabilidad de manera considerable, consigo, reduciendo la exudación.

2.9.2. Aditivo Reductor de Agua

El 5% al 10%, es el contenido de agua que disminuyen comúnmente los reductores, teniendo como efecto una mezcla con una prueba de revenimiento mayor. Reduciendo de esta manera la relación conocida como A/C o Agua/Cemento, se obtiene una mayor resistencia.

Los aditivos reductores de agua para concreto son productos químicos diseñados para modificar las propiedades del concreto fresco, permitiendo reducir la cantidad de agua necesaria en la mezcla sin comprometer su trabajabilidad y resistencia. Estos aditivos actúan como dispersantes, reduciendo la fuerza de atracción entre las partículas de cemento y los agregados, lo que facilita la movilidad de la mezcla y mejora su fluidez (MAPEI S.p.A., 2024, párrafo primero).

2.9.3. Aditivo Superplastificante

El alto revenimiento y un hormigón fluido, es el propósito de este aditivo, para poder obtener una trabajabilidad óptima, con una consistencia deseada, donde la vibración pobre o nula, no sea impedimento para su colocación adecuada, con beneficios en secciones delgadas, con respecto al colado, como lugares donde el acero de refuerzo para la estructura, esté con poco espaciamiento. Y reduce el costo de manejo.

El uso de estos aditivos permite modificar el contenido de agua del hormigón mejorar las propiedades del hormigón. Con el uso de los superplastificantes mejoraremos el comportamiento del hormigón en lo referente a la trabajabilidad y bombeabilidad al tiempo que mejoramos la resistencia y durabilidad (Superplastificantes para Hormigón, 2024, párrafo primero).

2.9.4. Aditivos Retardantes

Muchas veces el tiempo de fraguado del concreto, puede llegar a ser un problema, si de trabajabilidad se trata, este aditivo cumple el objetivo de alargar el tiempo de fraguado, previo a la colocación del hormigón en temperaturas consideradas altas, el cual, puede acelerar el proceso de endurecimiento del material, trayendo consigo posibles efectos negativos.

Es importante la realización de ensayos respectivos para aceptar estos aditivos en las construcciones, en las condiciones que se encuentra la obra a ejecutar, por los efectos de retracción, el cual es una propiedad característica del hormigón, y puede no ser predecible.

Los aditivos retardantes suelen emplearse como un mecanismo que resulta muy efectivo para controlar el proceso de fraguado de cualquier tipo de hormigón en condiciones de vaciado difíciles, como los climas con temperaturas muy elevadas, estructuras continuas y desplazamientos largos (CHRYSO Aditivos, 2021, párrafo primero).

2.9.5. Aditivos para el Control de Hidratación

Aditivo que tiene una utilidad al momento de querer tener un concreto estabilizado, en un estado fresco, por periodos largos de tiempo, como por ejemplo si se requiere que el concreto no se endurezca en el transporte al lugar de utilización, puesto que puede detener, casi en su totalidad, el fraguado por el horario nocturno, suspendiendo hasta por 72 horas, la hidratación de los elementos cementantes.

Existen dos procesos, para llevar a cabo el correcto uso del presente producto, teniendo en primer lugar el estabilizador, encargado de detener la hidratación, como se mencionaba y recalca en que materiales actuaba; y el activador, este se adiciona momentos antes de ser utilizado el hormigón estabilizado.

2.9.6. Aditivos Acelerantes

Como su nombre lo indica, su función es acelerar el proceso de fraguado, teniendo como resultado, resistencias del concreto desarrolladas en tiempos óptimos, siendo el compuesto generalmente más usado, el cloruro de calcio (CaCl),

en estos productos. Este químico puede tener efectos adversos, como lo es el posible aumento de la corrosión del acero, en casos de hormigón armado, y la contracción por secado.

Los aditivos acelerantes se refieren aquellos productos químicos, cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del hormigón. Está indicada en aquellos hormigones donde se requiere que tenga resistencia muy elevada (Chryso Aditivos, 2022, párrafo primero).

2.9.7. Ensayos de Laboratorio

Granulometría, contenido de humedad, gravedad específica, absorción, peso saturado superficialmente seco, son ensayos que se deben realizar en el laboratorio, con los implementos indicado por normas. Los mismos son necesarios porque nos brindarán los datos requeridos para realizar el cálculo en la elaboración de cilindros de hormigón, para el presente trabajo de investigación.

2.9.8. Contenido de Humedad

El presente ensayo es fundamental por el indicador de agua en los materiales que se presentan como muestras, siendo información necesaria para áreas como la construcción, expresando una relación entre fases, en una cantidad o volumen de la muestra.

Característica de suma importancia por el aporte de información al momento de la dosificación del hormigón, indicando si se necesita un aumento de volumen de agua, es decir, la corrección para tener una mezcla en excelentes condiciones, tanto para su trabajabilidad, como para su óptimo desempeño en el concreto.

2.10. GRANULOMETRÍA

En cuanto a los agregados, tanto finos como gruesos, es de suma importancia el conocimiento de sus características, puesto que es necesario para el diseño de concreto, brindando información de las partículas, en cuestión a sus tamaños, generando una separación con el uso de tamices, los mismos que deberían estar calibrados según las normas a usar, generando límites, dándonos a conocer los

tamaños útiles para la aplicación en el concreto. Estos resultados estarán reflejados en gráficas para su mayor comprensión, mediante usos granulométricos.

Los pasantes del tamiz N°4 o, en otro sistema de medida, 4.76 mm, corresponden a las arenas o agregados finos, teniendo como límite inferior al tamiz N°200, o abertura de 0.074 mm. Y para los agregados gruesos son los superiores al tamiz mencionado en primera instancia. Porque los pasantes menores al último tamiz mencionado, se consideran limos y arcillas.

2.11. GRAVEDAD ESPECIFICA

Se la puede describir como la relación entre el peso específico del agregado, y la misma característica del agua, pero a 4°C, el cual es usado generalmente para los distintos cálculos, teniendo como objeto del ensayo, comprobar si el material cumple con las especificaciones recomendadas o previstas.

Se sabe que La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto de cemento Pórtland, que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto (Argueta, y otros, 2017).

2.12. CEMENTO PORTLAND

Capaz de realizar la unión de agregados, mediante un proceso químico, accionado por el agua, que genera compuestos nuevos, por lo que se lo denomina un conglomerante, llamado de varias maneras, como lo es cemento hidráulico, o simplemente cemento.

En construcción, es uno de los materiales más usados por las características que ofrece, como la creación de elementos de alta resistencia a base de la preparación del concreto, teniendo el cemento como materia prima fundamental.

2.13. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

Se conocen varios tipos de este material, teniendo como nombre "Tipo 1", "Tipo 2", "Tipo 3", "Tipo 4" y "Tipo 5", con características, fabricación y aplicaciones similares, pero con beneficios dependiendo el caso.

2.13.1 Tipo 1

Siendo el mayormente usado en las obras civiles, o en construcción en general, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas para su correcto uso y aplicación, evitando así, fallos en la estructura o proyecto a construir.

2.13.2 Tipo 2

Este cemento ofrece una resistencia media frente a los ataques de sulfatos, por lo que es adecuado para ser utilizado en proyectos de construcción en general, así como en edificaciones que estarán expuestas a la acción moderada de sulfatos o que necesiten un calor de hidratación controlado, siempre que esté indicado en las especificaciones del proyecto. Para conseguir estas propiedades, se ajusta la cantidad de silicato y aluminato tricálcico. Es comúnmente utilizado en la construcción de tuberías de concreto y puentes.

2.13.3 Tipo 3

Este cemento alcanza una gran resistencia en un período corto, ya que en solo 7 días logra la misma resistencia que un concreto tipo I o II en 28 días. Para conseguir esta rápida hidratación, se incrementan las proporciones de silicato y aluminato tricálcico. Debido a que libera una cantidad considerable de calor, no es adecuado para grandes volúmenes de vertido. Se emplea principalmente en la fabricación de elementos prefabricados o en proyectos de construcción urgente.

2.13.4 Tipo 4

Este cemento tiene un proceso de secado lento, lo que reduce la cantidad de calor de hidratación, siendo adecuado para vertidos de gran volumen que no necesiten una resistencia inicial elevada. Para conseguir estas características, se ajustan las cantidades de silicato y aluminato tricálcico. Se emplea comúnmente en la construcción de grandes estructuras de concreto, como los diques.

2.13.5 Tipo 5

Este tipo de cemento se emplea en la construcción de estructuras y obras que requieran una alta resistencia frente al ataque concentrado de sulfatos y álcalis.

Para obtener estas propiedades, se disminuye la cantidad de aluminato tricálcico, ya que es el componente más susceptible a los sulfatos. Se usa, por ejemplo, en la edificación de alcantarillados, canales de conducción e infraestructuras portuarias.

2.14. APARATO DE VICAT MANUAL

Es un equipo, el cual está destinado para obtener resultados con respecto a los tiempos de fraguado del cemento hidráulico, realizando una mezcla con agua, obteniendo así, una pasta en estado "normal", teniendo en cuenta a la norma NTE INEN 157 en su preparación, donde, con la aguja de Vicat, la cual tiene un diámetro de 1 milímetro, se realizarán penetraciones, previamente calibrado el equipo. Se encontrará el tiempo de fraguado inicial, cuando la lectura indique una penetración de 25 milímetros.

Según se indica en el manual de dicho ensayo mediante (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2009) el tiempo de fraguado final, el cual tendrá como resultado la no penetración en el material, o una ligera marca en la superficie de la pasta de cemento ensayada.

2.15. METODO ACI

Para la elaboración de diseños de mezclas de hormigón, se requieren procedimientos, cálculos de porciones con respecto a los materiales, los cuales, están descritos en el método ACI, donde se presentan recomendaciones para la correcta aplicación de los mismos, donde se puede asegurar resultados de calidad. Se tiene el presente método, como el mayormente utilizado, siendo el estándar en la industria de la construcción.

a) Procedimiento para diseño de mezclas según el método ACI 211.1

Utilizando la tabla 1, donde se debe de tomar como referencia la resistencia específica para poder determinar la resistencia promedio.

Tabla 1

Requisitos de resistencia a la compresión cuando no se disponen de datos estadísticos

Resistencia específica $f'c$ (MPa)	Resistencia media requerida $f'cr$ (MPa)
< 21	$f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'c + 8.5$
> 35	$1.10 + 5.0$

Donde: $f'c$ es Resistencia específica a la compresión del hormigón (MPa)

Nota: se ha tomado de la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION

De acuerdo con la tabla 2, y dependiendo del elemento a construir, se toma el dato de revenimiento.

Tabla 2

Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de subestructuras sencillas, zapatas, muros y cajones de cimentación.	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	7.5	2.5

Nota: *Pueden incrementarse en 2.5 cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado. (ACI 211.1-91) Tabla 6.3.1

El tamaño nominal (TMN) de la grava, o agregado grueso, debe de cumplir con las especificaciones para su uso, logrando resultados óptimos, donde se determina a través de la granulometría.

En la presente tabla, donde, según (211.1-91, 1997), mediante el asentamiento previamente elegido, y del tamaño máximo nominal obtenido en la granulometría, se puede determinar el agua de diseño, o también llamado volumen unitario de agua que se requiere para el diseño de mezcla que se haya previsto.

Tabla 3

Requisitos aproximados de agua mezclada y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximo de agregado

Tamaño máximo de la grava (mm)								
Revenimiento (cm)	9.5	12.5	19	25	38	50	75	100
Concreto sin aire incluido								
2.5 -> 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 -> 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 -> 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
Aire atrapado prox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 -> 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 -> 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 -> 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición Ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Nota: Tomada de (ACI 211.1-91) Tabla 6.3.3

Mediante el diseño, mediante la resistencia requerida a los 28 días, se determinará la relación agua/cemento, con o sin aire incluido, o si este será expuesto a varias condiciones.

Tabla 4

Correlación entre agua/cemento y la resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm²)	Relación agua/cemento (a partir del peso)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto 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

Nota: tomado de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.4 (a)

Tabla 5

Relación agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas

Tipos de estructura	Estructura continua o frecuentemente mojada y expuesta a congelación y deshielo		Estructura expuesta al agua de mar o sulfatos
Secciones esbeltas y secciones con menos de 3 cm	0.45		0.4
Resto de estructuras	0.5		0.45

Nota: tomada de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.4 (b)

Dando paso al siguiente aspecto a determinar, siendo el factor cemento, obteniéndolo entre la relación agua/cemento determinado con anterioridad. El módulo de finura del agregado fino, se escoge mediante las indicaciones en la tabla 6, y el agregado grueso, su contenido por metro cúbico, se escoge mediante el tamaño máximo nominal obtenido en la granulometría del material ensayado en laboratorio.

Tabla 6

Volumen de agregado grueso (m^3) por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.8	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: tomado de (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.6

Uno de los últimos aspectos a determinar, antes de la corrección de agua por humedad y absorción, es el contenido de agregado fino, donde de 1, se va a restar la suma de las cantidades obtenidas de los agregados, siendo sus volúmenes absolutos. El peso sólido se lo multiplica por el valor obtenido anteriormente, teniendo de esta manera, el peso del agregado fino. Luego se corrige los valores, para que estos sean los necesarios, cumpliendo los requisitos del diseño.

Tabla 7

Cálculos tentativos del peso volumétrico del concreto fresco

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Peso volumétrico tentativo del concreto (kg/m ³)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9.5	0.5	0.48
12.5	0.59	0.57
19	0.66	0.64
25	0.71	0.69
37.5	0.75	0.73
50	0.78	0.76
75	0.82	0.80
150	0.87	0.85

Nota: Tomado del (ACI 211.1-91). Tabla 6.3.7.1

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Este capítulo expone la metodología empleada en el desarrollo de la presente investigación, contemplando desde la caracterización de los materiales utilizados hasta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. El enfoque se fundamenta en los lineamientos y especificaciones técnicas establecidas por las normativas vigentes. Se detallan los procedimientos de diseño y los ensayos realizados para una mezcla de hormigón, añadiendo azúcar morena y un aditivo retardante ASTM C494 TIPO B, evaluando sus propiedades en estado fresco y su comportamiento mecánico luego del respectivo curado, mediante pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días.

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.1. Tipo

Como pronuncian en (Guevara Alban, Verdesoto Arguello, & Castro Molina, 2020) El enfoque de investigación experimental implica el diseño de un entorno controlado o parcialmente controlado, en el cual el investigador interviene deliberadamente sobre una o más variables independientes con el propósito de observar y analizar sus efectos sobre una o más variables dependientes, a fin de generar evidencia empírica sobre relaciones causales. De tipo experimental, será la realización de la presente investigación, en la cual, se realizará el diseño de hormigón, donde se utilizarán dos reactivos, tanto la azúcar morena, como el aditivo ASTM C494 tipo B, que se utilizarán como aditivo retardante. Las normativas para la realización de los distintos ensayos a efectuarse en un laboratorio, para verificar si el porcentaje a utilizar, logra cumplir con las resistencias, y se logra un resultado óptimo, con respecto al tiempo de fraguado.

3.1.2. Nivel

Como se refiere (Supo, 2023) La categorización de los niveles de investigación establece una secuencia estructurada dentro de una línea investigativa, en la cual cada etapa corresponde a un estudio específico. Esta progresión permite abordar un problema identificado de manera sistemática,

culminando en la formulación y propuesta de una solución fundamentada. Por ende, aplicativo y explicativo, serán los niveles de estudio que se tendrán en cuenta, para el presente tópico. Por el lado del nivel aplicativo, se tendrán que realizar ensayos para obtener resultados, y correspondiente al explicativo, se tendrá que dar un análisis a los mismos, tanto para la resistencia a la compresión, como el tiempo de fraguado de la pasta de cemento, por el método de Vicat.

3.2. METODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.2.1. Método

Los métodos de investigación permiten la identificación y delimitación precisa de un problema, mediante la recolección sistemática de datos relevantes que facilitan la formulación de hipótesis susceptibles de ser verificadas o respaldadas empíricamente. Este proceso proporciona una base racional para la toma de decisiones fundamentadas en el contexto del caso de estudio (Guevara Alban, Verdesoto Arguello, & Castro Molina, 2020).

El hipotético deductivo, es el método que se aplicará en la presente investigación, puesto que, al utilizar un nuevo porcentaje en el aditivo retardante, se pueden obtener resultados beneficiosos, como mínimas diferencias, con respecto a la mezcla patrón.

3.2.2. Enfoque

En fundamento, por lo que se indica en (Sánchez Flores, 2019), el presente trabajo de titulación, donde se realizara una investigación, donde se adoptara un enfoque cuantitativo, puesto que se tendrán que realizar ensayos de laboratorio, con los respectivos porcentajes de reactivos a utilizar. Dando así, una evaluación de los mismos, con las normas respectivas.

3.2.3. Diseño

Mencionan en (Velázquez, 2024), la investigación experimental se define como un procedimiento sistemático dentro del paradigma científico, en el cual se controlan intencionalmente ciertas variables (variables independientes) mientras se

observa y registra el comportamiento de otras (variables dependientes), consideradas objeto de análisis. Este enfoque busca establecer relaciones causales entre fenómenos, siendo fundamental para ello la identificación de efectos derivados de manipulaciones específicas. El objetivo principal de aplicar un diseño experimental es generar inferencias válidas y fundamentadas respecto a un problema de investigación, enmarcado dentro de un modelo teórico previamente definido.

Experimental, es el diseño que aplicó en el presente trabajo de investigación, en el cual, se está detallando el procedimiento a seguir para el desarrollo de la mezcla de hormigón, con base en los ensayos previos realizados en laboratorio, para un hormigón de resistencia a la compresión de 210 kg/cm², donde se realizaron 8 probetas con la mezcla patrón, 8 agregando azúcar morena y 8 restantes con un aditivo retardante, o ASTM C494 TIPO B, en un porcentaje de 0.03% del peso del cemento utilizado en la dosificación.

Se explica posteriormente, en el diseño, los distintos tipos de ensayos contemplados para elaborar cilindros de hormigón. Los días en los cuales se realizará la rotura, los cuales son 7, 14, 21 y 28 días.

3.3. METODOLOGIA DEL O.E.1: LOGRAR UN DISEÑO DE UN HORMIGÓN SIMPLE DE CEMENTO HIDRÁULICO CON AZÚCAR MORENA Y UN ADITIVO RETARDANTE ASTM C494 TIPO B EN UN PORCENTAJE DEL 0.03% DEL PESO DEL CEMENTO UTILIZADO EN LA MEZCLA

Se realiza una identificación de las propiedades de los materiales a utilizar, mediante ensayos de calidad de laboratorio, donde estos deben de cumplir los parámetros requeridos, teniendo como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), dando uso al método más utilizado, el cual es el ACI 211.1, que, mediante cantidades, da la información para realizar diseños óptimos.

Siguiendo las indicaciones de la NTE INEN, para la identificación de las propiedades de los agregados, siendo el caso de la "granulometría", donde se usan

parámetros indicados en NTE INEN 696, procede en la separación de las partículas del agregado de acuerdo con su dimensión o tamaño. Otras normativas usadas para los diferentes ensayos a realizar, como lo son NTE INEN 862, NTE INEN 858, las cuales pertenecen a los ensayos de "Contenido de humedad total", "Peso volumétrico en condición suelta y compactada", respectivamente. Y para la "Determinación de la densidad, gravedad específica y absorción del árido", se requiere la NTE INEN 857 y NTE 856, tanto para el agregado grueso y fino correspondientemente, puesto que todos los ensayos anteriormente nombrados, son necesarios para la correcta elaboración de diseños de hormigón.

La norma ACI 211.1 muestra parámetros a seguir para el diseño de hormigón hidráulico, teniendo automatizados los cálculos gracias a una hoja de cálculo "Excel", se establecen la cantidad de material que se debe de utilizar, tanto para el agua, cemento, y agregados, brindando un diseño que, al momento de ensayar las probetas, estén dentro del margen propuesto. Y teniendo en cuenta la adición de retardantes, se da importancia a los lineamientos de ACI 212.3R, para tener en cuenta los porcentajes y recomendaciones a usar con respecto a los químicos implementados.

3.4. METODOLOGIA DEL O.E.2: REALIZAR UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUADO DE LA MEZCLA PATRÓN Y AQUELLOS CORRESPONDIENTES A LAS MEZCLAS MODIFICADAS MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE ADITIVOS EN EL PORCENTAJE ESTABLECIDO PARA EL PRESENTE ESTUDIO

Luego de someterse, los cilindros de hormigón, a un curado de 7, 14, 21 y 28 días, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en el instrumento respectivo, el cual es la prensa hidráulica, donde se debe de seguir un proceso que marca en NTE INEN – 1573, donde, luego de retirar de la piscina los cilindros a evaluar, se realiza

la medición de los diámetros, en este caso, superior e inferior, dos por sección, su altura con un calibrador, puesto que brinda resultados más precisos, y el peso, el cual se lo obtiene mediante una báscula. Se colocó el testigo, siendo este proceso para las muestras patrón, y modificadas con aditivo, en la prensa hidráulica, con sus moldes y neoprenos respectivos, se le aplicó, de manera progresiva, cargas, hasta conocer sus máximas respectivas. Se dará a conocer los efectos directos de los químicos adicionados sobre el hormigón, gracias a los resultados obtenidos con los testigos con diferentes días, que estuvieron en la piscina de curado, dándonos referencia de cuál de los aditivos utilizados es el mejor, con respecto a los ensayos realizados, para la utilización en obra.

Luego de la obtención de los resultados, después de agregar el 0.03% del químico, con respecto al peso del cemento, se puede evidenciar que, tanto la incorporación de la azúcar morena y el aditivo ASTM C494 tipo B reducen la resistencia a la compresión a los 28 días, en comparación con la muestra patrón, como se muestra en la figura 20, pero con respecto al tiempo de fraguado, se evidencia que, la azúcar morena, produce mayor retardo, en el mismo porcentaje, como se evidencia en las tablas 30 y 31.

3.5. METODOLOGIA DEL O.E.3: EVALUAR SÍ LA INCORPORACIÓN DE AZÚCAR MORENA EN LA MEZCLA ES VIABLE ECONÓMICAMENTE

En esta etapa, se tendrá en cuenta las características de las tres muestras de hormigón que se ensayaron, tanto la mezcla patrón, como los que tienen agregados los reactivos, siendo la azúcar morena y el aditivo ASTM C494 tipo B al 0.03%, puesto que se evidencia en los resultados que, en los tres escenarios, se ven diferencias, tanto en el tiempo de fraguado, como en la resistencia a la compresión, donde el costo de hormigón por metro cúbico se verá afectado por el tipo de aditivo que se le agregue por fines de eficiencia.

En unidad de metro cúbico, se realizará un análisis de precios unitario, o APU, para los tres diseños de hormigón hidráulico que se han elaborado para el presente trabajo de investigación, donde se dará comparación de precios consultados a la presente fecha escrita este informe, siendo 2025, con respecto a la mezcla patrón,

si el aumento del costo por los aditivos, teniendo en cuenta el cambio que provoca en las propiedades del mismo, genera un beneficio justificándolo como una inversión para asegurar la eficiencia en obra.

3.6. POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

3.6.1. Población

Se puede citar a (Gómez, Villasís, & Miranda, 2016), donde se establece que la población corresponde a un universo de unidades de análisis claramente delimitado, con características específicas que lo hacen accesible y pertinente para el estudio, y que cumple con los parámetros establecidos para la posterior selección muestral. Es de suma importancia una detallada descripción de la población, en la cual se va a fundamentar el estudio, puesto que, de esta manera, se podrá extender la información obtenida de los diversos resultados de los ensayos de laboratorio.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, la población para este presente trabajo de investigación, es la azúcar morena y el aditivo retardante ASTM C494 TIPO B, los cuales están disponibles para la realización de los cilindros de hormigón, en relación con su marco de estudio.

3.6.2. Muestra

(López, 2004) precisa que la muestra representa un subconjunto representativo de la población objetivo, seleccionado conforme a criterios metodológicos, en el cual se desarrollará el proceso investigativo. Fundamentándonos en este punto de vista, se elaboraron, como muestra, 24 probetas cilíndricas, donde se agregaron los reactivos utilizados se consiguieron realizando una solicitud a la empresa SIKA, para que nos brinden una muestra de su aditivo ASTM C494 tipo B, y la azúcar morena, se lo consiguió en un supermercado de fácil accesibilidad, y una marca que se consigue de manera sencilla.

Acorde a los criterios que se han seguido por otros trabajos de investigación, de la misma índole, la muestra se ha seleccionado, empleando, de esta manera, sus reacciones con el hormigón, y la pasta de cemento, para su posterior análisis.

3.6.3. Muestreo

Los elementos de la investigación de (Otzen & Carlos, 2017) procura seguir los criterios necesarios para que cumplan la representación adecuada al objeto de estudio, que es la población.

En este caso, la elaboración de cilindros de hormigón, con las medidas que se encuentran bajo normas a cumplir, que posteriormente se ensayarán por resistencia a la compresión, y estos deberán cumplir dicha normativa. Como también la pasta de cemento, que se deberá ensayar bajo el aparato de Vicat, obteniendo los distintos tiempos de fraguado, tanto la mezcla patrón, como las mezclas con los distintos reactivos.

Figura 2

Equipo para la realización de la mezcla con consistencia normal



Figura 3

Calibración del aparato manual de Vicat



3.7. OPERACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente Porcentaje de aditivos con respecto al peso del cemento de la mezcla	El uso de azúcar blanca o morena como aditivo en mezclas de concreto es beneficioso, sí y solo sí es usado en cantidades controladas. (ALVAREZ GUILLÉN, 2017)	El porcentaje de aditivo a agregar en la mezcla, debe de cumplir con los límites que se indican en la normativa ASTM C494.	Aditivos	Azúcar morena Aditivo ASTM C494 tipo B	% en peso
Variable dependiente Aumentar la resistencia a la compresión de un hormigón $f'c=210$ kg/cm ² Aumentar el tiempo de fraguado	La propiedad mecánica predominante del hormigón hidráulico, radica en la resistencia de las cargas a compresión. El tiempo de fraguado del concreto constituye un parámetro fundamental en su comportamiento y en la programación de actividades constructivas, ya que define el intervalo durante el cual la mezcla transita de un estado plástico a uno sólido.	Se determina gracias a la norma técnica ecuatoriana, que regula los ensayos de laboratorio mediante NTE INEN 1573, INEN 862, INEN 856, INEN 696, INEN 858 y INEN 158:2009. Para el correcto diseño de mezclas de hormigón hidráulico, se requiere el método ACI 211.1, donde indican los requerimientos necesarios.	Resistencia del concreto Mezcla del concreto. Fraguado del cemento	Compresión Agua Cemento Agregado fino Agregado grueso Tiempo	Kg/cm ² Kg Kg Kg Min

3.8. EJECUCION, ELABORACION E IDENTIFICACION DE LAS MATERIAS PRIMAS

3.8.1 Agregados Finos y Gruesos

Se seleccionaron materiales para los distintos ensayos, siendo el agregado grueso de la cantera "Calizas Huayco", y el agregado fino, de la cantera Peralta, ubicada en el río Chimbo, en la ciudad de El Triunfo.

De esta manera, los ensayos realizados a los materiales antes mencionados, con sus respectivas normas fueron:

- Rigiéndose de NTE INEN 862, el contenido de humedad.
- NTE INEN 857, del agregado grueso, su respectivo grado de absorción y densidad.
- NTE INEN 856, del agregado fino, lo anterior mencionado.
- NTE INEN 856, granulometría de los materiales.

a) Contenido de Humedad (NTE INEN 862)

La humedad que se contiene en los poros del material, dicho de otra manera, el porcentaje de humedad, que, por secado del mismo, puede evaporarse. Los equipos a utilizar, para este ensayo, son:

- Recipiente que sea resistente al calor, normalmente utilizado el aluminio.
- Cuchara, para la recolección de la muestra.
- Pesa, o balanza, donde la misma debe de tener un nivel de precisión alta, para capturar los pesos de manera adecuada, tanto antes, como después del secado, teniendo un nivel de sensibilidad del 0.1%.
- Y finalmente un horno, el cual debe de tener la capacidad de conservar una misma temperatura, alrededor de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- El procedimiento a seguir, luego de haber recolectado la muestra, es pesarla en la báscula, anotar los respectivos datos, y posteriormente se lo

coloca en el horno, a la temperatura mencionada con anterioridad por un lapso de 24 horas. Luego de haberse transcurrido el tiempo, se retira la muestra del mismo, se deja enfriar en su totalidad a temperatura ambiente, y se recolectan los datos finales.

b) Grado de absorción y densidad de los agregados finos y gruesos.

La densidad específica, o dicha de otra manera, densidad relativa, y la absorción de la misma, no debe incluir los vacíos existentes en el material.

Descrito en NTE INEN 857, el proceso para la obtención de los datos procedentes de los ensayos antes mencionados, se dará uso a los siguientes equipos:

Figura 4

Retiro de exceso de agua del agregado grueso



Figura 5

Eliminación de material innecesario para el ensayo respectivo



- Horno, será como el instrumento de secado, el cual debe de tener temperaturas casi continuas de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Los tamices, irán en un orden que está estipulado en NTE INEN 154, siguiendo, de esta manera, un correcto orden.
- Balde, o tanque, donde el material del mismo debe de ser hermético, para evitar afectaciones en los resultados, donde se coloca una canastilla, que posteriormente se le agregará el material, o la muestra para el ensayo, donde se tomará los datos, dentro del agua.
- La canastilla de acero, donde su capacidad debe de ser aproximadamente entre 4 y 7 litros, con aberturas en su malla de 3.35 milímetros.
- Y finalmente la pesa, o bascula, donde su precisión es de suma importancia, la cual debe de estar acoplada desde el centro de la misma, teniendo un equilibrio y brindando datos de la muestra suspendida en agua.
- El procedimiento a seguir, para encontrar la densidad y absorción del agregado, es colocar, en una tara, la muestra para el estudio, en un lapso de 24 horas, a temperatura constante entre $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, se lo retira y se lo deja enfriar hasta que llegue temperatura ambiente, para agregarlo en un recipiente lleno de agua, sin ser perturbado, por 24 horas.
- Luego de que, el material de estudio se encuentre en las condiciones esperadas, se retira el mismo, para colocarlo sobre un material absorbente, retirando el agua excedente del árido, pesando el material, obteniendo el dato saturado superficialmente seco.
- NTE INEN 856, nos brinda la metodología para el siguiente caso, donde el árido será el agregado fino, teniendo en cuenta que no se debe de incluir los vacíos existentes en los poros del mismo, utilizando el equipo correspondiente, los cuales son:

Figura 6

Determinación del estado de absorción de la arena



- El horno, donde su capacidad debe de estar adecuada para la cantidad de material a utilizar, con una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, que debe de mantenerse casi constante.
- El compactador y molde respectivo para el ensayo de humedad superficial, donde, el recipiente metálico, de forma cónica, con una altura de $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$, y respectivas dimensiones de $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de base, y $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro superior, con su espesor de 0.8 mm . El compactador debe de ser de material metálico, no corrosivo, para que este no afecte a los resultados del ensayo, con un peso de $340 \text{ gr} \pm 15 \text{ gr}$, y dimensiones de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$, siendo la cara, que tendrá contacto con el material, de forma plana y circular.
- El picnómetro, el cual debe de tener una forma donde el agregado fino, se introduzca de una manera sencilla, para poder realizar el ensayo respectivo, donde el volumen del mismo, debe de tener un rango de error entre el $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.
- Pesa, o bascula, el cual debe de estar calibrada y en buenas condiciones para obtener los datos exactos, teniendo la precisión entre 0.5% a 0.1% , para el agregado grueso, y para el siguiente agregado, siendo este el fino, una precisión entre el 0.1% .
- Se debe de tener una temperatura constante en el horno, para colocar nuestra muestra dentro del mismo, logrando su secado, retirándola del

horno, para dejar que llegue a temperatura ambiente, o, dicho de otra manera, que llegue a enfriar. Logrando una temperatura óptima para el ensayo, se procede a colocarle agua, llegando a un 6% de humedad mínima, dejando reposar por un día, o 24 horas.

- El sobrante o exceso de líquido, se desecha, para posteriormente colocarlo sobre una superficie impermeable, donde se recomienda que sea plana, expuesto a las condiciones climáticas requeridas para un secado óptimo. Teniendo la misma en el estado requerido, se procede, con el cono truncado, a verificar si la muestra aún tiene agua en su estructura. Este proceso se repite hasta lograr una consistencia de la muestra deseada, pero, si sucede lo contrario, es decir, la muestra se encuentra en un punto muy seco, se colocan cantidades mínimas de agua, revolviendo, y dejando reposar por 30 minutos, aproximadamente, repitiendo el ensayo con el cono truncado, teniendo la superficie seca.
- Humedad superficial, la cual, para su determinación, hay que tener a disposición una superficie no absorbente, que sea lisa, para colocar el molde, en una posición, donde debe de quedar hacia abajo su abertura mayor, donde se llena el cono, con arena parcialmente seca de manera suelta, compactando con 25 golpes sin intensidad, enrasando la superficie, siempre y cuando, luego de este procedimiento, se limpie el alrededor del instrumento, quedando sin residuos que puedan afectar en la visualización del resultado del ensayo. Se procede a retirar el cono de manera ascendente, y puede haber dos escenarios, el primero el cual, se tiene aún humedad superficial, la muestra mantendrá su forma, y el segundo escenario, es cuando se alcanza la condición de superficie seca, donde la muestra, de manera ligera, se desmorona.
- Para el ensayo gravimétrico, se debe de tener 300 gramos de muestra, y se introduce en el picnómetro, el cual debe de contener agua, la cual debe de llenar hasta la marca que indica en el instrumento de 390 mililitros, para posteriormente, agitar, retirando el aire contenido.
- En el interior del picnómetro, se debe de tener una temperatura de $23.0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, anotando, mediante la pesa o balanza, el dato de la masa del

picnómetro con el material en su interior, se coloca en un recipiente adecuado, que no afecte la condición de la muestra, y para poder determinar el estado de la masa, se deja secar.

c) Estipular el contenido de humedad total mediante NTE INEN 862

Los materiales a utilizar, para la realización del presente ensayo, son los siguientes:

- Cuchareta: para colocar la mezcla y sostenerla.
- Recipiente: Debe de tener las dimensiones necesarias para colocar la cantidad necesaria de la muestra, y debe de tener resistencia al calor.
- Pesa o balanza: debe de estar calibrada y en óptimas condiciones, con una sensibilidad del 0.1%.
- Horno: Debe de contar con el espacio necesario para colocar la muestra y mantener una temperatura constante, con un rango de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- El proceso a seguir, sirve para determinar la humedad o agua que los agregados son capaces de mantener entre sus poros, de manera de porcentaje.
- Se debe de pesar la muestra, tal y como llega, para luego colocarla en el horno por un lapso de 24 horas. Al día siguiente, se retira del mismo, la muestra, para dejar enfriar y que alcance temperatura ambiente. Se anota el dato que refleja la báscula para interpretar los resultados.

3.8.2 Azúcar Morena

Este producto, al ser comercial, es de fácil adquisición, y precios normalmente bajos, dependiendo la marca y el lugar, el cual, tiene un origen industrial, pasando de ser cosechada en un punto, donde se determine la mayor cantidad de contenido de azúcar en su tallo. Pasando a ser exprimido en la extracción del jugo, se filtra y clarifica para pasar al proceso de la evaporación del agua, teniendo así el mosto concentrado que pasara a la cristalización, centrifugación, secado y molienda, conservando el color oscuro y sabor debido a la

melaza que no se ha eliminado en su totalidad. El producto empaquetado goza de propiedades beneficiosas, según estudios realizados con anterioridad, con respecto al tiempo de fraguado del hormigón, brindándonos una alternativa en construcción.

Citando a (ALVAREZ GUILLÉN, 2017) en "Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto", la cantidad óptima de azúcar que se recomienda a utilizar, en su estudio, es del 0.03% de la cantidad de cemento utilizado en la mezcla, tanto por su variación en la resistencia a la compresión, y el aumento del tiempo de fraguado.

Figura 7

Azúcar morena utilizada en la mezcla de hormigón



3.8.3 Aditivo ASTM C494 Tipo B (Aditivo Retardante)

El aditivo a utilizar, cumpliendo la norma ASTM C 494 tipo B, para retardar el fraguado de manera altamente eficaz, es el SIKA RETARDER LIQUID, donde sus usos pueden darse en hormigones estructurales y masivos, dando prevención de juntas frías, logrando largos recorridos en mixer, temperaturas elevadas, y una de las más importantes en nuestro estudio, la cual son las condiciones de colocación difícil, dando ventajas de tiempo controlado de fraguado, no afecta negativamente al refuerzo y es libre de cloruros, donde su método de aplicación es directamente proporcional a la dosificación en cantidades de cemento, donde se recomienda llevar a cabo ensayos de laboratorio para tener dosificaciones requeridas.

El inconveniente que se puede encontrar con respecto al producto, es que no existe una presentación comercial y de fácil adquisición, como otros de la marca, puesto que se comercializa en presentaciones de 1000 kilogramos, teniendo que realizar a la empresa Sika mediante solicitud para conseguir una muestra para realizar el presente trabajo de titulación, con fines académicos, haciendo difícil su obtención. Recalcando que se realizó una consulta mediante correo electrónico a la empresa "Sika Perú", si su producto "SIKA RETARDER PE" cumplía con las mismas especificaciones que el que se comercializa en Ecuador, y mencionaron que, desde luego, sí, se deben de obtener los mismos resultados.

Citando a (Mego Delgado, 2019) en "Evaluación del efecto retardante del aditivo SIKA RETARDER PE y la azúcar blanca, en elemento columna para un concreto $f'c=210$ kg/cm², en Lima 2019" donde se utilizó el porcentaje mínimo recomendado por la ficha técnica de la empresa, el cual es 0.2% del peso del cemento utilizado en la mezcla, obteniendo retardos en el fraguado y resistencias a la compresión beneficiosos. Para el presente trabajo de investigación, se realizará una prueba con el porcentaje de 0.03% para poder realizar una comparativa con el mismo porcentaje utilizado en la azúcar morena, dando así, una perspectiva amplia de los recursos que se puedan utilizar en obra.

Figura 8

Aditivo ASTM C494 tipo B utilizado en la mezcla de concreto



3.8.4 Agua

El agua potable, que no tenga olor, ni sabor, es común en la aplicación de las mezclas, incorporándose sin que afecte a corto, mediano y largo plazo a las propiedades del hormigón.

Siendo este, totalmente fundamental para la elaboración del concreto, siendo el responsable de la activación de las propiedades químicas del cemento portland, teniendo una normativa que cumplir con los parámetros requeridos en ASTM C-1602.

3.9 Elaboración del diseño de hormigón que será sometido a los diferentes porcentajes de aditivo.

Donde se realizó el diseño de mezcla de hormigón, es en el laboratorio de asfaltos, suelos y hormigón de la universidad estatal península de Santa Elena, para la elaboración de cilindros, usando moldes cilíndricos con las medidas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, donde se agregó aditivo que cumple la normativa ASTM C 494 tipo B, y azúcar morena, en cantidad de 0.03% con respecto al peso del cemento utilizado.

Pesar correctamente los materiales y reactivos a utilizar, dependiendo el diseño del hormigón, para poder realizar la mezcla de manera adecuada, siguiendo los protocolos necesarios, para que los resultados sean los esperados.

Teniendo en cuenta, que para que exista una distribución homogénea de los agregados, cemento, agua y aditivos, el tiempo de mezcla debe rondar los 3 a 5 minutos, aproximadamente, donde, en primer lugar, se debe de tener en consideración la capacidad de la concretera a utilizar, en este caso, está disponible en el laboratorio, es de medio saco, incorporando dentro de ella los agregados finos y gruesos, para luego adicionar una porción del agua, preferiblemente la mitad de la total a utilizar, momento después, se coloca el restante del agua junto al cemento, dejando actuar por unos segundos, para adicionar el aditivo, sea este el aditivo ASTM C494 tipo B, o el azúcar.

Por el motivo que se desconoce la desviación estándar, para poder determinar la resistencia promedio, esta se elige mediante la tabla 6, donde, según la resistencia de diseño, se elige valores mediante rangos de la misma.

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 210 \frac{kg}{cm^2} + 84$$

$$f'_{cr} = 294 \frac{kg}{cm^2}$$

Se utilizó un revenimiento de 7.5 cm, puesto que son los datos a utilizar según la tabla 7 para la construcción de elementos a la compresión, siendo estas, columnas, teniendo en cuenta que no se diseñará para algún elemento estructural en específico.

Utilizando la tabla 8, donde se relaciona de manera horizontal y vertical, con los datos de revenimiento de 7.5 cm y tamaño máximo nominal de 25 mm respectivamente, obteniendo un valor de 193 lt/m³.

La utilización de la tabla 9, para obtener el valor de la relación agua/cemento de nuestra mezcla, interpolando para la resistencia a los 28 días, donde se espera el 100% de la misma, o superiores, donde nuestro valor será 0.55, para la presente dosificación.

Se procede a obtener el factor cemento, donde se divide el valor del contenido de agua, mediante tabla, para la relación agua/cemento.

$$Factor\ cemento = \frac{193 \frac{lt}{m^3}}{0.55} = 390.90 \frac{kg}{m^3}$$

Mediante una interpolación, con la utilización de la tabla 11, se calcula el peso del agregado grueso con los datos del módulo de finura, donde se obtiene 0.70 m³ como volumen que se multiplicará con el dato obtenido en el ensayo de peso volumétrico varillado de 1483.02 kg/m³, resultando un valor de 1033.67 kg/m³.

$$P. AGREGADO GRUESO = 0.697 * 1483.02 \frac{kg}{m^3}$$

$$P. AGREGADO GRUESO = 1033.67 \frac{kg}{m^3}$$

Con la gravedad específica de los agregados, cemento, agua y aire, y mediante una división de los pesos obtenidos anteriormente, se calcula los volúmenes absolutos.

$$\begin{aligned}
 \text{AGUA} & \quad 193/1000 = 0.193 \text{ m}^3 \\
 \text{CEMENTO} & \quad 349.64/2950 = 0.119 \text{ m}^3 \\
 \text{GRAVA} & \quad 1033.67/2567.39 = 0.403 \text{ m}^3 \\
 \text{AIRE} & \quad 1.5/100 = 0.015 \text{ m}^3 \\
 \text{SUMA DE VOLUMENES ABSOLUTOS} & = 0.729 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

El volumen absoluto se le resta la suma de volúmenes anteriormente calculada para obtener el volumen del agregado fino.

$$1 - 0.729 = 0.271 \text{ m}^3$$

Por último, se realiza una multiplicación entre el volumen y el peso específico del agregado fino.

$$0.271 * 2475.25 = 670.46 \text{ kg}$$

La corrección por humedad, se realiza con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio.

$$\begin{aligned}
 \text{AGREGADO FINO} & = 670.46 * \left(\frac{5.99}{100} + 1 \right) = 702.65 \\
 \text{AGREGADO GRUESO} & = 1033.67 * \left(\frac{0.24}{100} + 1 \right) = 1016.89
 \end{aligned}$$

Agua.

$$\begin{aligned}
 \text{AGREGADO FINO} & = (5.99 - 1.19) * \frac{702.65}{100} = 32.19 \\
 \text{AGREGADO GRUESO} & = (0.24 - 1.86) * \frac{1016.89}{100} = -16.78
 \end{aligned}$$

Corrección del valor del agua.

$$193 - (32.19 - 16.78) = 177.59$$

Valores en proporción para 50 kg de cemento (un saco).

$$\frac{349.69}{349.64}, \frac{702.65}{349.64}, \frac{1016.89}{349.64}, \frac{177.59}{349.64} = 1; 2.01; 3; 0.51$$

Tanto el aditivo ASTM C494 TIPO B, como la azúcar morena, serán en proporciones de 0.03% con respecto al peso del cemento utilizado en la mezcla, teniendo en cuenta que se deben de diluir previamente los reactivos antes de ser insertados en la misma.

*CANTIDAD DE ADITIVO Y AZUCAR MORENA: $1029 * 0.03\% = 3.09 \text{ gr}$*

Figura 9

Materiales pesados y listos para realizar la mezcla de concreto



Figura 10

Realización de la mezcla de hormigón



3.10 ENSAYO DE REVENIMIENTO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO

En la normativa NTE INEN 1578, se presentan las especificaciones necesarias para realizar el presente ensayo en el laboratorio de suelos de la universidad estatal península de Santa Elena, donde se dará uso al cono de Abrams.

Con el equipo necesario, con un cucharón, posteriormente realizada la mezcla de hormigón, según los cálculos realizados en la dosificación, se coloca una muestra de la misma dentro del cono de Abrams, siendo vertida en 3 secciones, donde, por cada capa, se aplicarán 25 varilladas, teniendo en cuenta que, estas, deben distribuirse por toda la sección del diámetro del instrumento. Terminando las 3 capas respectivas, se enrasa, para levantar el cono de manera vertical. Se coloca el cono de Abrams de manera invertida, se coloca una referencia transversal, y se realiza la medición, con un flexómetro el asentamiento del hormigón fresco.

Figura 11

Ensayo de asentamiento del hormigón



Figura 12

Medición de asentamiento del hormigón fresco



3.11 ELABORACION DE PROBETAS DE HORMIGON

Para la realización de los cilindros o probetas de hormigón, luego de haber realizado la prueba de revenimiento, se utilizaran moldes metálicos, con un diámetro de 150 milímetros y de alto, 300 milímetros, donde, luego de colocarlos en una base estable, y en condiciones donde no serán perturbados durante su fraguado, antes del desencofrado, se vierte la mezcla de hormigón fresco en 3 capas iguales, en las cuales, se darán 25 varilladas con el instrumento adecuado, para aplicarle, con un martillo de cabeza de goma, 10 golpes alrededor del molde cilíndrico, con el fin de expulsar los espacios vacíos dentro de la misma, se enrasa expulsando el sobrante, dejando la base expuesta lo más lisa posible. Se repite el procedimiento con la mezcla sobrante en los cilindros correspondientes, y se deja curar los cilindros por 24 horas, logrando un desencofrado efectivo y la forma cilíndrica de la probeta.

Estos cilindros deben ser marcados o etiquetados con códigos y nombres para su identificación, para luego colocarlos en la piscina de curado, donde estarán reposando por los días respectivos, sean estos 7, 14, 21 y 28, donde, en la fecha indicada, se los retirará de la misma, y para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

Figura 13

Elaboración de cilindros de concreto



Figura 14

Cilindros colocados en la piscina de curado



3.12 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El presente ensayo, donde se toma en cuenta la normativa NTE INEN 1573, la cual sirve para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón, donde se podrán conocer los datos necesarios para la investigación, teniendo como mínimo dos probetas por tiempo similar de fecha y hora de rotura, o tiempo de curado. 7, 14, 21 y 28 días, son los que se han propuesto para el presente estudio, donde serán evaluados, especímenes de medidas aproximadas de altura y diámetro de 300 milímetros y 150 milímetros, respectivamente, a compresión, en el rango de tiempo indicado en la norma.

En el laboratorio de suelos, hormigones y asfalto de la Universidad Estatal península de Santa Elena, en la cual se posee una prensa hidráulica semiautomática, la cual fue utilizada para realizar la rotura de las probetas cilíndricas, una vez retiradas de la piscina de curado, tomadas las medidas de altura y diámetro, y por una báscula, el peso, previamente colocadas en bases metálicas, conteniendo almohadillas, o neoprenos no adherentes. Se configura la máquina, y con la ayuda del laboratorista especializado, efectúa el ensayo, reflejando el valor de la carga aplicada como máxima del cilindro o testigo ensayado.

Figura 15

Ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón



Figura 16

Laboratorista capacitado realizando el ensayo respectivo



3.13. ENSAYO DE LA DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO MEDIANTE EL METODO VICAT.

Los materiales a utilizar en el ensayo de tiempo de fraguado Vicat son:

- Aparato de Vicat: Debe de cumplir las dimensiones y pesos según la norma NTE INEN 158:2009
- Varilla recta: Debe de tener dimensiones de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud
- Bascula: debe de estar calibrada y en óptimas condiciones, con una sensibilidad del 0.1%

- Vasos graduados: Cumpliendo los requisitos fijados en la normativa ASTM C 1.005
- Base plana: Debe de tener características impermeables y no corrosiva
- Espátula: Debe de ser plana, con bordes rectos

Para la realización del presente ensayo se debe preparar una mezcla de agua y cemento, llamada pasta, con consistencia normal, gracias a la mezcladora, donde por 30 segundos se activará su función en velocidad media, y por 90 segundos a velocidad máxima, aprovechando entre intervalo de tiempo a colocar la mezcla en el centro para un mejor resultado. Luego del tiempo transcurrido, se toma una muestra de la mezcla, con guantes, para no perturbar la humedad de la misma, formando una bola, lanzándola 6 veces entre mano y mano a una distancia aproximada de 15 centímetros, para posteriormente, colocarla en el molde cilíndrico, sobre la placa no absorbente, engrasados previamente, enrazando y quitando el exceso.

Transcurrido un tiempo de 30 minutos, luego de haber colocado la muestra en el molde sin ser perturbado, se realiza las penetraciones con la aguja de un milímetro por cada 15 minutos hasta obtener una penetración de 25 milímetros. Teniendo en cuenta que en cada lectura se debe de abrir la llave por 30 segundos antes de cerrarla. Cada penetración debe de realizarse, por lo menos a 5 milímetros entre marca, y 10 milímetros de los bordes del molde cilíndrico.

El tiempo de fraguado inicial Vicat, se determina cuando la penetración llega a una medida de 25 milímetros.

Por último, el tiempo final de fraguado Vicat, se lo determina cuando, al realizar una acción de penetración, ya no deja una marca completa en la muestra, realizando dos lecturas de comprobación, luego de 90 segundos de la primera marca incompleta registrada.

Se repite la acción para la muestra patrón, y las muestras con el 0.03% del peso del cemento utilizado, del aditivo y la azúcar.

Para determinar el tiempo de fraguado inicial VICAT, se deben de utilizar técnicas de interpolación, como lo muestra la siguiente fórmula:

$$\left(\left(\frac{H - E}{C - D} \right) \times (C - 25) \right) + E$$

Donde:

E: El tiempo de la última penetración de la aguja mayor a 25 mm, tomado en minutos.

H: El tiempo de la última penetración de la aguja menor a 25 mm, tomado en minutos.

C: Lectura tomada en la penetración en el tiempo E

D: Lectura tomada en la penetración en el tiempo H

Figura 17

Realización de la muestra para el ensayo de la aguja de Vicat



Figura 18

Realización del ensayo de la aguja de Vicat



CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO VOLUMETRICO SUELTO Y VARILLADO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 858)

4.1.1 Peso Volumétrico suelto del Agregado Fino y Grueso

Se muestra en la tabla 9 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el peso volumétrico suelto de la arena o agregado fino.

Tabla 9

Determinación de la masa unitaria suelta del agregado fino

AGREGADO FINO	MUESTRA
Volumen del recipiente (m ³):	0.00281
Masa suelta del material contenida en recipiente (kg):	3.5
Masa unitaria suelta (kg/m ³):	1245.55

Se muestra en la tabla 10 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el peso volumétrico suelto del agregado grueso.

Tabla 10

Determinación de la masa unitaria suelta del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	MUESTRA
Volumen del recipiente (m ³):	0.00973688
Masa suelta del material contenida en recipiente (kg):	13.26
Masa unitaria suelta (kg/m ³):	1361.83

4.1.2 Peso Volumétrico Varillado del Agregado Grueso

Se muestra en la tabla 11 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el peso volumétrico varillado del agregado grueso.

Tabla 11*Determinación de la masa unitaria suelta del agregado grueso*

AGREGADO GRUESO	MUESTRA
Volumen del recipiente (m ³):	0.00973688
Masa suelta del material contenida en recipiente (kg):	14.44
Masa unitaria compactada (kg/m ³):	1483.02

4.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 696)

4.2.1 Granulometría del Agregado Grueso

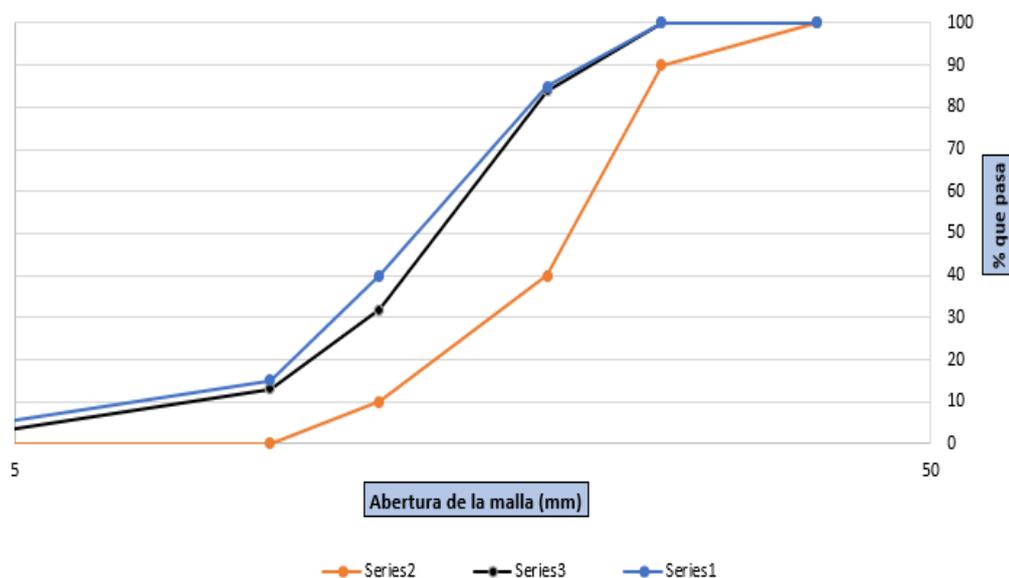
Se muestra en la tabla 12 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este la granulometría del agregado grueso, en la figura 17 se representa el gráfico de la curva de distribución del agregado grueso.

Tabla 12*Análisis granulométrico del agregado grueso*

Numero de tamaño		56	Tamaño máximo nominal		25
		(mm)			
Tamiz #	Abertura	Peso retenido	Retenido	Retenido	Pasa (%)
	(mm)	(gr)	total (%)	acumulado (%)	
2 "	50	0	0	0	100
1 ½ "	37.5	0	0	0	100
1 "	25.4	0	0	0	100
¾ "	19.05	1630	16.08	16.08	83.92
½ "	12.5	5265	51.95	68.03	31.97
3/8 "	9.5	1913	18.88	86.91	13.09
Nº4	4.75	1050	10.36	97.27	2.73
Nº8	2.36	263	2.6	99.86	0.14
Nº16	1.18	0.38	0	99.87	0.13
FONDO		13.32	0.13	100	0
TOTAL		10134.7	100		
				MF	7

Figura 19

Curva granulométrica del agregado grueso



4.2.2 Granulometría del Agregado Fino

Se muestra en la tabla 13 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este la granulometría del agregado fino, en la figura 18 se representa el gráfico de la curva de distribución del agregado fino.

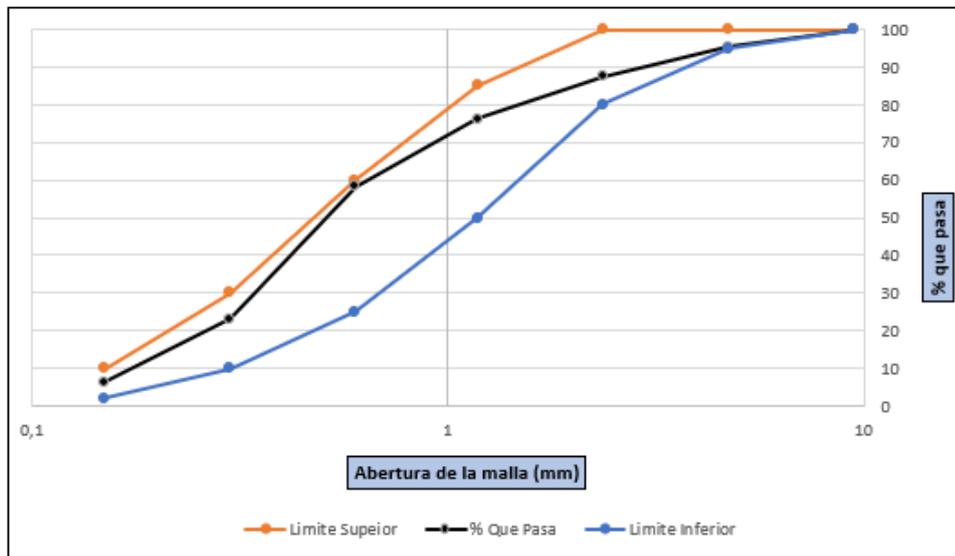
Tabla 13

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido total (%)	Retenido acumulado (%)	Pasa (%)
3/8 "	9.5	0	0	0	100
N°4	4.75	83.7	4.52	4.52	95.48
N°8	2.36	149.4	8.07	12.59	87.41
N°16	1.18	206.06	11.13	23.71	76.29
N°30	0.6	332.88	17.97	41.69	58.31
N°50	0.3	653	35.26	76.94	23.06
N°100	0.15	309.39	16.71	93.65	6.35
FONDO		117.6	6.35	100	0
TOTAL		1852.03	100		
				MF	2.53

Figura 20

Curva granulométrica del agregado fino



4.3 RESULTADOS DE DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO (NTE INEN 856, 2010) Y GRUESO (NTE INEN 857)

4.3.1 Densidad y Absorción del Agregado Grueso

Se muestra en la tabla 14 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el de densidad y absorción del agregado grueso.

Tabla 14

Determinación de densidad y porcentaje de absorción del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	MUESTRA
Masa de la muestra en estado S.S.S. (gr):	2000
Masa de la muestra sumergida en agua (gr):	1221
Masa de la muestra seca al horno (gr):	1610
Densidad relativa (estado sss): D_{sss} (gr/cm ³)	2.57
Porcentaje de absorción (Pa):	1.86

4.3.2 Densidad y Absorción del Agregado Fino

Se muestra en la tabla 15 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el de densidad y absorción del agregado fino.

Tabla 15

Densidad y porcentaje de absorción del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	MUESTRA
Masa de la muestra en estado sss (gr):	500
Densidad relativa (estado sss): D_{sss} (gr/cm ³)	2.48
Porcentaje de absorción (Pa):	1.19

4.4 RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTE INEN 862)

4.4.1 Contenido de Humedad del Agregado Grueso

Se muestra en la tabla 16 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el de humedad del agregado grueso.

Tabla 16

Determinación del contenido de humedad del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	MUESTRA
Masa de la muestra húmeda (gr):	358.94
Masa de la muestra seca al horno (gr)	358.21
Humedad total (%):	0.24

4.4.2 Contenido de Humedad del Agregado Fino

Se muestra en la tabla 17 los valores que se obtuvieron en el presente ensayo, siendo este el de humedad del agregado fino.

Tabla 17*Determinación del contenido de humedad del agregado fino*

AGREGADO GRUESO	MUESTRA
Masa de la muestra húmeda (gr):	487.84
Masa de la muestra seca al horno (gr)	463.34
Humedad total (%):	5.99

4.5 RESULTADOS DE DESEMPEÑO Y RESISTENCIA A PROBETAS CILINDRICAS EVALUADAS A COMPRESION CON DOSIFICACION $F'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ (NTE INEN 1573)

Se muestra en la tabla 18 el número de cilindros, con sus respectivos días de curado que serán ensayados mediante rotura a compresión siguiendo la normativa (NTE INEN 1573, 2010), tanto para la muestra patrón, como por porcentaje del 0.03% de aditivo ASTM C494 TIPO B y azúcar morena.

Tabla 18*Numero de cilindros por muestra con sus respectivos días de curado*

Muestras	Días de curado				Total
	7	14	21	28	
Muestra patrón	2	2	2	2	8
0.03% Azúcar morena	2	2	2	2	8
0.03% ASTM C494 TIPO B	2	2	2	2	8
TOTAL	6	6	6	6	24

4.5.1 Muestra Patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Se presentará en la tabla 19 los datos de los cilindros ensayados para una resistencia de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, como diámetro, altura, área, peso, volumen, carga, resistencia a la compresión promedio y eficiencia de la muestra patrón, donde se tuvo un revenimiento de 7.7 cm.

Tabla 19

Diámetro, altura, área, peso volumen, carga, resistencia a la compresión y eficiencia de los cilindros de la muestra patrón de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayados a la resistencia a la compresión

Nº	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad	Diámetro (cm)					Altura	Área	Peso	Volumen	Carga	Resistencia			Eficiencia
			(Días)	D1	D2	D3	D4	D. Prom	(Cm)	(Cm ²)	(kg)	(Cm ³)	(KN)	MPa	Kg/cm ²	Promedio	(%)
1	30/09/2024	07/10/2024	7	15.262	15,26	15,256	15,11	15,222	30,03	181,984	12,72	5464,981	276,5	15,191	154,932	152,950	7,833
2	30/09/2024	07/10/2024	7	15.232	15,192	15,25	15,2	15,219	29,7	181,900	12,673	5402,441	269,3	14,805	150,967		
3	30/09/2024	14/10/2024	14	14.900	15,06	15,138	15,03	15,032	30,02	177,469	12,42	5327,631	332,1	18,713	190,820	186,744	-1,074
4	30/09/2024	14/10/2024	14	15,118	15,112	15,05	15,224	15,126	29,998	179,696	12,57	5390,516	321,9	17,914	182,668		
5	30/09/2024	21/10/2024	21	15,21	15,132	15,07	15,22	15,158	30,05	180,457	12,673	5422,732	428,3	23,734	242,021	236,079	17,418
6	30/09/2024	21/10/2024	21	15,222	15,21	15,148	15,218	15,200	30,104	181,446	12,728	5462,264	409,5	22,569	230,136		
7	30/09/2024	28/10/2024	28	15,118	15,12	15,11	15,2	15,127	30,13	179,957	12,664	5422,114	474,5	26,367	268,872	263,661	25,553
8	30/09/2024	28/10/2024	28	15,232	15,108	15,212	15,148	15,175	30,13	180,862	12,656	5447,563	458,4	25,345	258,450		

4.5.2 Muestra $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con azúcar morena al 0.03% del Peso del Cemento.

Se presentará en la tabla 20 los datos de los cilindros ensayados para una resistencia de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, como diámetro, altura, área, peso, volumen, carga, resistencia a la compresión promedio y eficiencia de la muestra con la azúcar morena al 0.03% del peso del cemento, donde se tuvo un revenimiento de 8.8 cm.

Tabla 20

Diámetro, altura, área, peso volumen, carga, resistencia a la compresión y eficiencia de los cilindros de la muestra con la azúcar morena de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayados a la resistencia a la compresión

Nº	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad		Diámetro (cm)					Altura	Área	Peso	Volumen	Carga		Resistencia		Eficiencia
			(Días)	D1	D2	D3	D4	D. Prom	(Cm)	(Cm ²)	(kg)	(Cm ³)	(KN)	MPa	Kg/cm ²	Promedio	(%)	
1	01/10/2024	08/10/2024	7	15.168	15,206	15,240	15,018	15,158	30,060	180,457	12,660	5424,537	293,8	16,281	166,019	166,519	14,295	
2	01/10/2024	08/10/2024	7	15.160	15,148	15,200	15,158	15,167	30,011	180,659	12,722	5421,770	295,9	16,379	167,018			
3	01/10/2024	15/10/2024	14	15.168	15,140	15,150	15,130	15,147	30,120	180,195	12,680	5427,478	368,3	20,439	208,419	205,396	7,808	
4	01/10/2024	15/10/2024	14	15,250	15,268	15,328	15,188	15,259	29,971	182,858	12,580	5480,432	362,9	19,846	202,373			
5	01/10/2024	22/10/2024	21	15,198	15,200	15,236	15,158	15,198	30,040	181,411	12,587	5449,576	340	18,742	191,115	193,584	-2,817	
6	01/10/2024	22/10/2024	21	15,010	15,060	15,034	15,050	15,039	30,932	177,623	12,292	5316,608	341,5	19,226	196,052			
7	01/10/2024	29/10/2024	28	15,198	15,220	15,198	15,198	15,204	30,070	181,542	12,628	5458,967	380	20,932	213,443	222,493	5,949	
8	01/10/2024	29/10/2024	28	15,180	15,130	15,094	15,150	15,139	30,014	179,993	12,640	5402,309	408,7	22,706	231,541			

4.5.3 Muestra $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con un Aditivo ASTM C494 Tipo B al 0.03% del Peso del Cemento.

Se presentará en la tabla 21 los datos de los cilindros ensayados para una resistencia de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, como diámetro, altura, área, peso, volumen, carga, resistencia a la compresión promedio y eficiencia de la muestra con el aditivo retardante ASTM C494 tipo B al 0.03% del peso del cemento, donde se tuvo un revenimiento de 8 cm.

Tabla 21

Diámetro, altura, área, peso volumen, carga, resistencia a la compresión y eficiencia de los cilindros de la muestra con un aditivo retardante ASTM C494 tipo B de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayados a la resistencia a la compresión

Nº	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad		Diámetro (cm)					Altura	Área	Peso	Volumen	Carga	Resistencia		Eficiencia
			(Días)	D1	D2	D3	D4	D. Prom	(Cm)	(Cm ²)	(kg)	(Cm ³)	(KN)	MPa	Kg/cm ²	Promedio	(%)
1	05/11/2024	12/11/2024	7	15,098	15,202	15,218	15,186	15,176	30,200	180,886	12,709	5462,752	243,7	13,473	137,382	137,781	0,610
2	05/11/2024	12/11/2024	7	15,190	15,200	15,296	15,140	15,207	30,136	181,614	12,767	5473,108	246,1	13,551	138,179		
3	05/11/2024	19/11/2024	14	15,010	15,140	15,260	15,072	15,121	30,216	179,565	12,637	5425,742	300,2	16,718	170,478	173,195	-7,526
4	05/11/2024	19/11/2024	14	15,168	15,084	15,140	15,044	15,109	29,040	179,292	12,627	5385,937	309,3	17,251	175,913		
5	05/11/2024	26/11/2024	21	15,150	15,040	15,062	15,186	15,110	29,984	179,304	12,606	5376,252	406,4	22,665	231,123	238,741	18,686
6	05/11/2024	26/11/2024	21	15,210	15,230	15,204	15,080	15,181	30,014	181,005	12,735	5532,685	437,3	24,160	246,359		
7	05/11/2024	03/12/2024	28	15,270	15,192	15,240	15,218	15,230	29,820	182,175	12,660	5432,470	452,8	24,855	253,452	246,150	17,214
8	05/11/2024	03/12/2024	28	15,200	15,256	15,368	15,238	15,266	30,192	183,026	12,900	5525,910	428,7	23,423	238,848		

4.5.4 Resistencia Promedio a los 7 Días con la Azúcar Morena y Aditivo ASTM C494 Tipo B al 0.03%

En la tabla 22, se presentan los resultados de las resistencias obtenidas a los 7 días de curado, para una dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, adicionando el 0.03% del peso de cemento, tanto de azúcar morena, como de aditivo ASTM C494 tipo B.

Tabla 22

Resistencia a los 7 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0.03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B

Aditivo al 0,03%	Resistencia (kg/cm ²)		Resistencia total	Resistencia promedio
	1	2		
Azúcar morena	166.019	167.018	333.037	166.519
ASTM C494 tipo B	137.382	138.179	275.561	137.781

4.5.5 Resistencia Promedio a los 14 Días con la Azúcar Morena y Aditivo ASTM C494 Tipo B al 0.03%

En la tabla 23, se presentan los resultados de las resistencias obtenidas a los 14 días de curado, para una dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, adicionando el 0.03% del peso de cemento, tanto de azúcar morena, como de aditivo ASTM C494 tipo B.

Tabla 23

Resistencia a los 14 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0.03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B

Aditivo al 0,03%	Resistencia (kg/cm ²)		Resistencia total	Resistencia promedio
	1	2		
Azúcar morena	208.419	202.373	410.792	205.396
ASTM C494 tipo B	170.478	175.913	346.391	173.195

4.5.6 Resistencia promedio a los 21 días con la azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B al 0.03%

En la tabla 24, se presentan los resultados de las resistencias obtenidas a los 21 días de curado, para una dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, adicionando el 0.03% del peso de cemento, tanto de azúcar morena, como de aditivo ASTM C494 tipo B.

Tabla 24

Resistencia a los 21 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0,03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B

Aditivo al 0,03%	Resistencia (kg/cm ²)		Resistencia total	Resistencia promedio
	1	2		
Azúcar morena	191.115	196.052	387.167	193.584
ASTM C494 tipo B	231.123	246.359	477.482	238.741

4.5.7 Resistencia Promedio a los 28 Días con la Azúcar Morena y Aditivo ASTM C494 tipo B al 0.03%

En la tabla 25, se presentan los resultados de las resistencias obtenidas a los 28 días de curado, para una dosificación de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, adicionando el 0.03% del peso de cemento, tanto de azúcar morena, como de aditivo ASTM C494 tipo B.

Tabla 25

Resistencia a los 28 días para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un 0.03% del peso del cemento de azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B

Aditivo al 0,03%	Resistencia (kg/cm ²)		Resistencia total	Resistencia promedio
	1	2		
Azúcar morena	213.445	231.541	444.986	222.493
ASTM C494 tipo B	253.452	238.848	492.300	246.150

4.5.8 Resumen de los Resultados a Compresión a los 7, 14, 21 y 28 Días de Curado

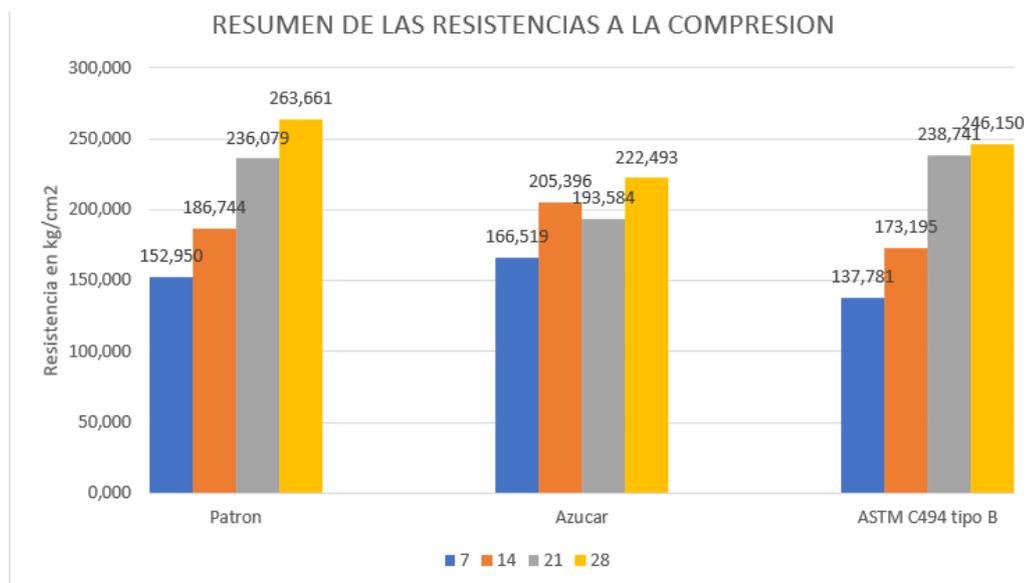
Tabla 26

Resumen de los resultados a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de curado para el 0.03% del peso del cemento de la azúcar morena y aditivo ASTM C494 tipo B

Días de curado	Muestra		
	Patrón	Azúcar morena al 0,03%	aditivo ASTM c494 tipo B al 0,03%
7	152.950	166.519	137.781
14	186.744	205.395	173.195
21	236.079	193.584	238.741
28	263.661	222.493	246.150

Figura 21

Respectiva comparación de las resistencias obtenidas a los 7, 14, 21 y 28 días, para el porcentaje del 0.03% de aditivo, tanto de la azúcar morena y ASTM C494 tipo B

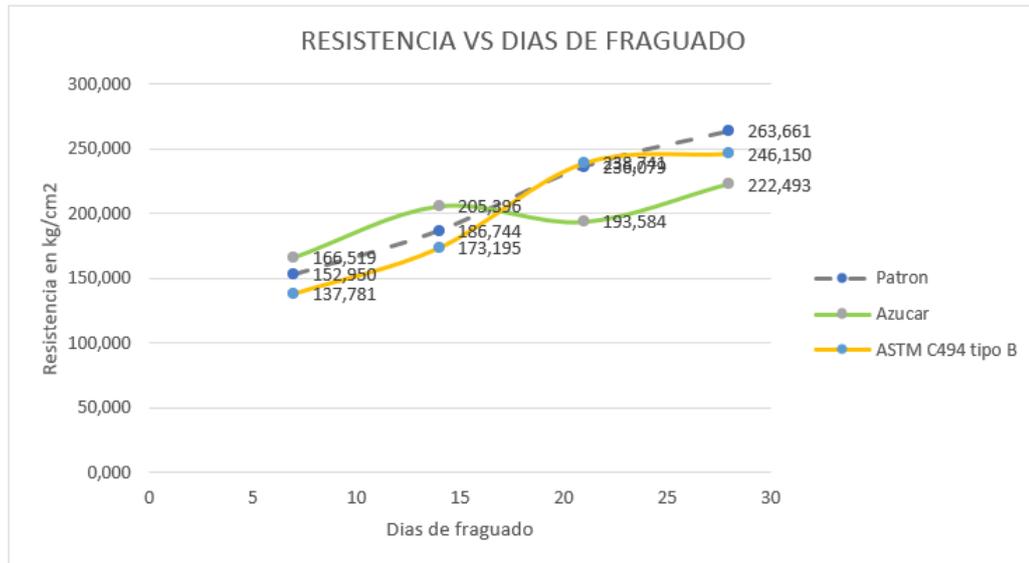


Se logra presenciar en la figura 19, que los cilindros de hormigón ensayados, adicionando el 0.03%, tanto con la azúcar morena, como con el aditivo ASTM C494

tipo B, muestran una disminución en la eficiencia de la resistencia a la compresión, siendo el 19.604% y 8.339% menos, respectivamente, en comparación con la muestra patrón a los 28 días de fraguado.

Figura 22

Curvas de resistencia vs días de fraguado para aditivos al 0.03%



Se presentan, en la figura 20, las respectivas curvas, donde la resistencia a la compresión está en función de los días de fraguado para los diseños de mezcla, con una resistencia esperada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que se realizaron con el 0.03%, tanto de azúcar morena, como de aditivo retardante que cumple la normativa ASTM C494 tipo B, correspondiendo los datos al tiempo de fraguado de 7, 14, 21 y 28 días.

4.6. RESULTADOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO MEDIANTE LA AGUJA DE VICAT (NTE INEN 158:2009)

4.6.1. Tiempo de Fraguado de la Mezcla Patrón

Se presentará, en la tabla 27, los datos del ensayo de la aguja de Vicat para el tiempo de fraguado de una mezcla sin aditivos.

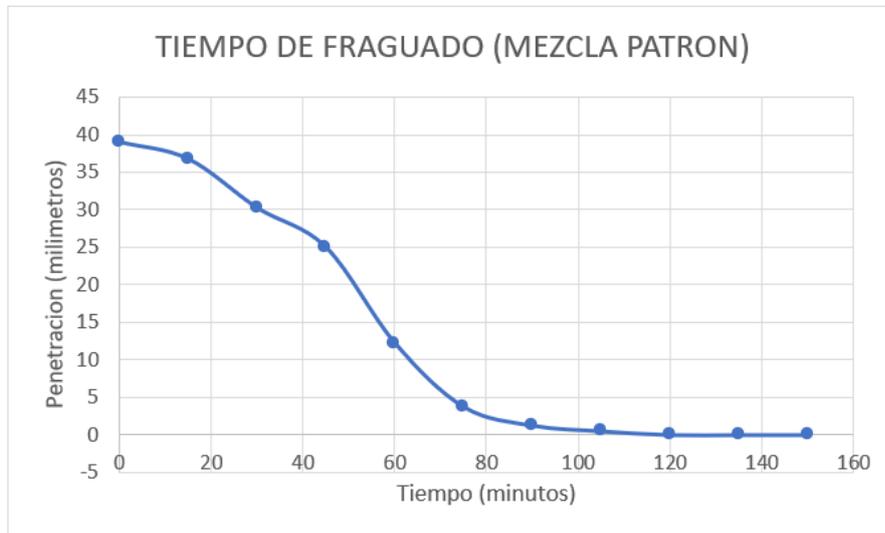
Tabla 27

Datos obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado de la mezcla patrón

Hora de contacto del cemento con el agua:				8:40	
Hora de la colocación de la muestra en el molde:				8:50	
Minutos	Hora	Lecturas (mm)		Promedio (mm)	Corrección
0	9:20	0	0	0	39
15	9:35	2	2.5	2.25	36.75
30	9:50	8.5	9	8.75	25
45	10:05	13.5	14.5	14	12.25
150	11:50	39	39	39	0
Tiempo inicial de fraguado:				79 min	
Tiempo final de fraguado:				245 min	

Figura 23

Representación gráfica de los datos del tiempo de fraguado Vicat de la mezcla patrón



4.6.2. Tiempo de Fraguado de la Mezcla con 0.03% de Aditivo Retardante ASTM C494 Tipo B

Se presentará en la tabla 28, los datos del ensayo de la aguja de Vicat para el tiempo de fraguado de una mezcla con el 0.03% de un aditivo retardante

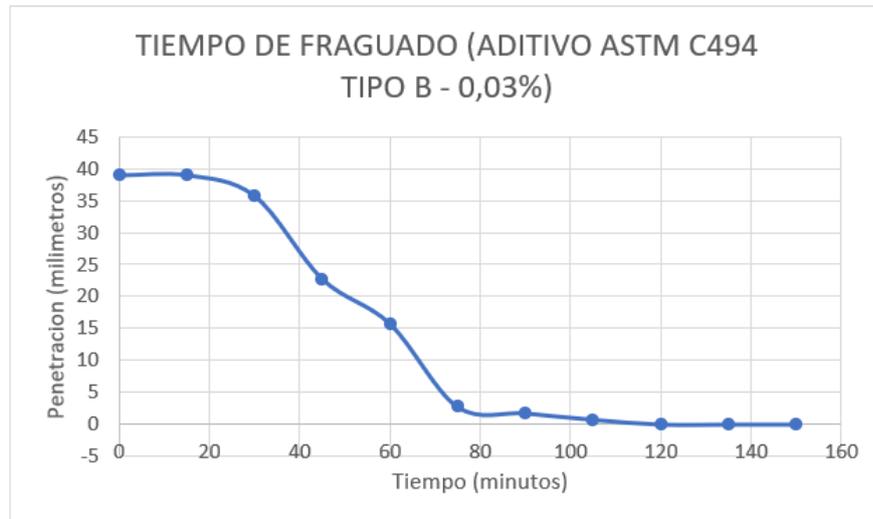
Tabla 28

Datos obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado de la mezcla con 0.03% de aditivo retardante

Hora de contacto del cemento con el agua:		8:46			
Hora de la colocación de la muestra en el molde:		8:55			
Minutos	Hora	Lecturas (mm)		Promedio (mm)	Corrección
0	9:25	0	0	0	39
15	9:40	0	0	2.25	39
30	9:55	3	3.5	8.75	35.75
45	10:10	16.5	16	14	22.75
60	10:25	23	23.5	26.75	15.75
150	11:55	39	39	39	0
Tiempo inicial de fraguado:					82 min
Tiempo final de fraguado:					296 min

Figura 24

Representación gráfica de los datos del tiempo de fraguado Vicat de la mezcla con un aditivo ASTM C494 TIPO B al 0.03%



4.6.3. Tiempo de fraguado de la mezcla con 0,03% de azúcar morena

Se presentará en la tabla 29, los datos del ensayo de la aguja de Vicat para el tiempo de fraguado de una mezcla con el 0.03% de azúcar morena

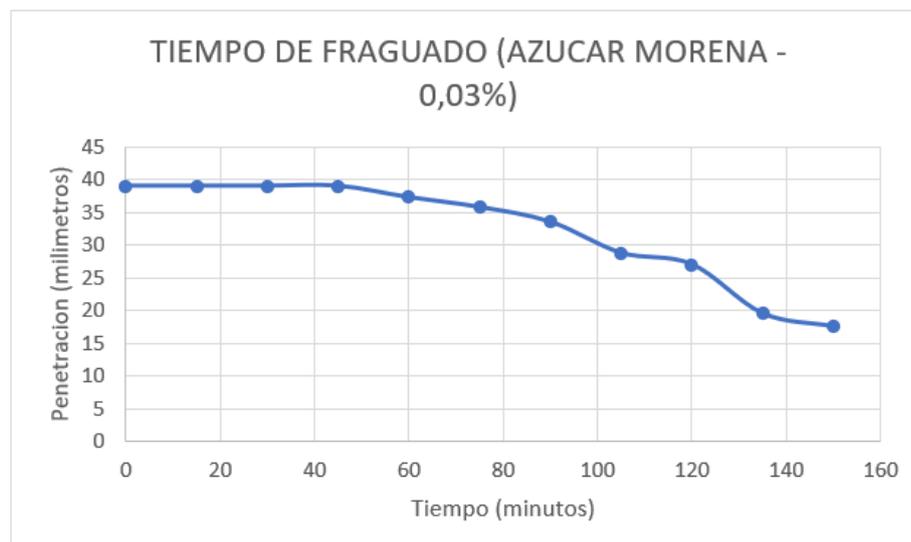
Tabla 29

Datos obtenidos del ensayo de tiempo de fraguado de la mezcla con 0.03% de azúcar morena

Hora de contacto del cemento con el agua:				8:55	
Hora de la colocación de la muestra en el molde:				9:05	
Minutos	Hora	Lecturas (mm)		Promedio (mm)	Corrección
0	9:35	0	0	0	39
15	9:50	0	0	0	39
30	10:05	0	0	0	39
45	10:20	0	0	0	39
60	10:35	1.5	2	1.75	37.25
75	10:50	3	3.5	3.25	35.75
90	11:05	5	6	5.5	33.5
105	11:20	10	10.5	10.25	28.75
120	11:35	11	13	12	27
135	11:50	18	21	19.5	19.5
150	12:05	20.5	22.5	21.5	17.5
Tiempo inicial de fraguado:				165 min	
Tiempo final de fraguado:				320 min	

Figura 25

Representación gráfica de los datos del tiempo de fraguado Vicat de la mezcla con azúcar morena al 0.03%



4.6.4. Resumen de Resultados del Tiempo de Fraguado

En la tabla 30, se presenta el resumen de los resultados del ensayo de la aguja de Vicat, para la determinación del tiempo inicial de fraguado del cemento hidráulico.

Tabla 30

Resumen de resultados del tiempo inicial de fraguado

Resultados	Tiempo inicial de fraguado VICAT	Medida
Mezcla patrón	79	Minutos
Aditivo retardante	82	Minutos
Azúcar morena	165	Minutos

En la tabla 31, se presenta el resumen de los resultados del ensayo de la aguja de Vicat, para la determinación del tiempo final de fraguado del cemento hidráulico.

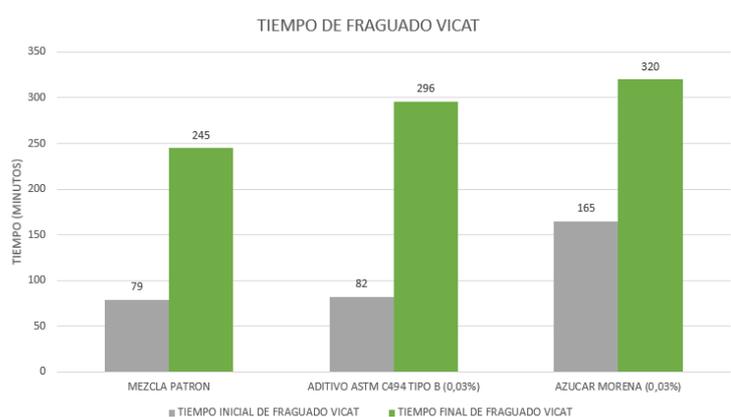
Tabla 31

Resumen de resultados del tiempo final de fraguado

Resultados	Tiempo inicial de fraguado VICAT	Medida
Mezcla patrón	245	Minutos
Aditivo retardante	296	Minutos
Azúcar morena	320	Minutos

Figura 26

Resumen del tiempo de fraguado



4.7 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

En la presente investigación se realizó un estudio del análisis de precio unitario correspondiente a un metro cúbico de concreto, con la utilización de cemento de uso general. El diseño de la mezcla fue orientado a alcanzar una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², donde se adicionó aditivos al 0.03% con respecto al peso del cemento, teniendo una evaluación de la mezcla patrón, donde no se dio el uso de ningún aditivo para tener una base de la resistencia alcanzada, y el 0.03% de azúcar morena y SIKA RETARDER (ASTM C494 tipo B), siendo estos los reactivos a evaluar.

Los precios que se han utilizado para el análisis de precios unitarios, son correspondientes a la provincia de Santa Elena, puesto que es el lugar donde se ha realizado presente trabajo de investigación, donde la arena gruesa, o agregado fino, tiene un precio de \$16.50 m³, el agregado grueso \$22.50 el m³, y el saco de cemento, siendo esta marca Holcim tipo GU, es decir, de uso general, un costo de \$8, siendo el saco de 50 kg. El precio del kilo de azúcar morena, en este caso, utilizando la marca San Carlos, es de \$1.09. El aditivo SIKA RETARDER, se vende en presentaciones de 1000 kg con un valor de \$800, por lo que, para 1 kg, el precio será de \$0.8.

No se tomó en cuenta, para la estimación económica, los gastos asociados al transporte para la adquisición de estos productos al lugar de obra, puesto que esto podría variar según el lugar donde se realice.

Se produce un costo de \$181.30 el m³, para el hormigón de la mezcla patrón, llegando a una resistencia de 263.661 kg/cm² a los 28 días, posterior a realizar el análisis de precios unitarios presentado en la tabla 32. Se produce un costo de \$181.44 el m³, para el hormigón con un 0.03% de azúcar morena con respecto al peso de cemento utilizado en la mezcla, llegando a una resistencia a la compresión de 222.493 kg/cm² a los 28 días. Y se produce un costo de \$181.41 el m³, para el hormigón con un 0.03% de SIKA RETARDER (ASTM C494 tipo B) con respecto al peso de cemento utilizado en la mezcla, llegando a una resistencia a la compresión de 246.150 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 32

Análisis de precios unitarios de hormigón de la mezcla patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN					
TEMA	ADITIVO ACSTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE			RUBRO No.	1
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM ²					
DETALLE:	HORMIGON DE F'c= 210 KG/CM ²			UNIDAD:	m ³
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	REND/HORA	RENDIMIENTO	C. TOTAL
Herramientas manuales (5% M.O.)	0.00	0.00	0	0.00	2.87
Concretera 1 saco	1	5	5	1.67	8.33
Vibrador	1	4	4	1.67	6.67
SUBTOTAL (A)					17.870
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN./HORA	COSTO HORA	REND. U/H	C. TOTAL
Peón	5	4.23	21.15	1.67	35.25
Albañil	1	4.75	4.75	1.67	7.92
Maestro	2	4.28	8.56	1.67	14.27
SUBTOTAL (B)					57.440
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT	CANTIDAD	C. TOTAL	
Cemento 50 kg	kg	0.16	349.640	55.94	
Arena gruesa	m ³	16.50	0.284	4.69	
Piedra ¾	m ³	22.50	0.396	8.91	
Agua	m ³	1.08	0.178	0.19	
SUBTOTAL (C)					69.731
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DMT	CANTIDAD	C. TRANSP.	C. TOTAL
SUBTOTAL (D)					0.000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)					\$ 145.041
TOTAL, COSTOS INDIRECTOS OTROS					25% \$ 36.267
PRECIO CALCULADO EN DOLARES					\$ 181.301
PRECIO UNITARIO ADOPTADO					\$ 181.30

Tabla 33

Análisis de precios unitarios de hormigón de la mezcla con azúcar morena al 0.03% de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN					
TEMA	ADITIVO ACSTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM ²			RUBRO No.	2
DETALLE:	HORMIGON DE F'c= 210 KG/CM ²			UNIDAD:	m ³
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	REND/HORA	RENDIMIENTO	C. TOTAL
Herramientas manuales (5% M.O.)	0.00	0.00	0	0.00	2.87
Concretera 1 saco	1	5	5	1.67	8.33
Vibrador	1	4	4	1.67	6.67
SUBTOTAL (A)					17.870
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN./HORA	COSTO HORA	REND. U/H	C. TOTAL
Peon	5	4.23	21.15	1.67	35.25
Albañil	1	4.75	4.75	1.67	7.92
Maestro	2	4.28	8.56	1.67	14.27
SUBTOTAL (B)					57.440
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT	CANTIDAD	C. TOTAL	
Cemento 50 kg	kg	0.16	349.640	55.94	
Arena gruesa	m ³	16.50	0.284	4.69	
Piedra ¾	m ³	22.50	0.396	8.91	
Agua	m ³	1.08	0.178	0.19	
Azucar morena	kg	1.09	0.15	0.11	
SUBTOTAL (C)					69.845
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DMT	CANTIDAD	C. TRANSP.	C. TOTAL
SUBTOTAL (D)					0.000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)					\$ 145.155
TOTAL, COSTOS INDIRECTOS				25%	\$ 36.289
OTROS					0
PRECIO CALCULADO EN DOLARES					\$ 181.444
PRECIO UNITARIO ADOPTADO					\$ 181.44

Tabla 34

*Análisis de precios unitarios de hormigón de la mezcla con aditivo SIKA
RETARDER (ASTM C494 tipo B) al 0.03% de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

EVALUACION ENTRE AZUCAR MORENA Y UN					
TEMA	ADITIVO ACSTM C494 TIPO B PARA HORMIGON DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM ²			RUBRO No.	3
DETALLE:	HORMIGON DE F'c= 210 KG/CM ²			UNIDAD:	m ³
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	REND/HORA	RENDIMIENTO	C. TOTAL
Herramientas manuales (5% M.O.)	0.00	0.00	0	0.00	2.87
Concretera 1 saco	1	5	5	1.67	8.33
Vibrador	1	4	4	1.67	6.67
SUBTOTAL (A)					17.870
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN./HORA	COSTO HORA	REND. U/H	C. TOTAL
Peon	5	4.23	21.15	1.67	35.25
Albañil	1	4.75	4.75	1.67	7.92
Maestro	2	4.28	8.56	1.67	14.27
SUBTOTAL (B)					57.440
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT	CANTIDAD	C. TOTAL	
Cemento 50 kg	kg	0.16	349.640	55.94	
Arena gruesa	m ³	16.50	0.284	4.69	
Piedra ¾	m ³	22.50	0.396	8.91	
Agua	m ³	1.08	0.178	0.19	
SIKA RETARDER	kg	0.8	0.105	0.08	
SUBTOTAL (C)					69.815
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DMT	CANTIDAD	C. TRANSP.	C. TOTAL
SUBTOTAL (D)					0.000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)					\$ 145.125
TOTAL, COSTOS INDIRECTOS					\$ 36.281
OTROS					0
PRECIO CALCULADO EN DOLARES					\$ 181.406
PRECIO UNITARIO ADOPTADO					\$ 181.41

4.7 ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En los estudios que realizó (ALVAREZ GUILLÉN, 2017) en su proyecto titulado "Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto", donde menciona que, en cuestión a la azúcar en dosis de 0.03%, es donde mejores rendimientos se presentan, por lo que se ha elegido este porcentaje de adición con respecto al peso del cemento utilizado en la mezcla.

En el proyecto de (Mego Delgado, 2019) con título "Evaluación del efecto retardante del aditivo SIKA RETARDER PE y el azúcar blanca, en elemento columna para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en Lima 2019", teniendo en cuenta que, el aditivo utilizado, que cumple la normativa ASTM C494 tipo B, fue el SIKA RETARDER PE, comercializado en Perú, y en el presente trabajo de investigación se dio uso al aditivo SIKA RETARDER, comercializado en Ecuador, tienen, o deben de cumplir los mismos estándares y reflejar los mismos resultados, según la empresa Sika.

(ALVAREZ GUILLÉN, 2017) en su proyecto "Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto", se evaluó la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón con azúcar morena en porcentaje de 0.03%, 0.075% y 0.15% a los 28 días. Los resultados que se presentan de los ensayos de resistencia a la compresión de los cilindros de la mezcla patrón fue de 310 kg/cm^2 , y para los porcentajes de 0.03%, 0.075% y 0.15% se alcanzó una resistencia de 336 kg/cm^2 , 350 kg/cm^2 , y no se presentan resultados para el último porcentaje, puesto que disminuye considerablemente la resistencia, concluyendo que, hasta cierto punto, a mayor porcentaje, aumenta la resistencia, pero un excedente, puede alterar significativamente a sus propiedades mecánicas, dejando a este hormigón, inservible.

En el presente trabajo de investigación, se realizó la mezcla patrón y se utilizó el diseño que, según las conclusiones del trabajo anteriormente mencionado, fue el que mejor rendimiento obtuvo, siendo 0.03%, donde, en el ensayo de resistencia a la compresión, reflejó un resultado de 263.661 kg/cm^2 , y agregando azúcar al porcentaje indicado, alcanzó una resistencia de 222.493 kg/cm^2 , dando resultados negativos en un 15.61% con respecto a la mezcla patrón. Por lo cual, se puede

determinar que, en todos los casos, no siempre se darán resultados beneficiosos, pero cumpliendo de igual manera los resultados requeridos.

(Mego Delgado, 2019) presenta en su trabajo de investigación "Evaluación del efecto retardante del aditivo SIKA RETARDER PE y el azúcar blanca, en elemento columna para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en Lima 2019" se realizaron ensayos de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón, adicionando un aditivo que cumpla las especificaciones de ASTM C494 tipo B con dos porcentajes, siendo 0.2% y 0.6%, a los 28 días de curado, donde la mezcla patrón realizada, reflejó un resultado de 328.83 kg/cm^2 , y para los porcentajes indicados, reflejaron una resistencia de 352.13 kg/cm^2 y 383.8 kg/cm^2 respectivamente, concluyendo que, el uso del aditivo, es beneficioso para aumentar la resistencia final del hormigón en los porcentajes recomendados por la misma empresa Sika, puesto que el aditivo utilizado, es el SIKA RETARDER PE.

Por consiguiente, en el trabajo de investigación presentado, se realizó una muestra patrón para la respectiva comparación de resultados de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón con un porcentaje del 0.03% de aditivo que cumpla con la normativa ASTM C494 tipo B, para lograr una comparación de resultados, usando iguales cantidades del mismo, donde, ensayando los cilindros, se logró una resistencia de 263.661 kg/cm^2 para la muestra patrón, y una resistencia de 246.150 kg/cm^2 para una mezcla con aditivo al 0.03% del peso del cemento utilizado en la misma, también indicando resultados negativos con respecto a la muestra patrón, donde hay una diferencia del 6.64%. Teniendo en cuenta los datos, se puede observar que, puede afectar a la resistencia final a los 28 días de curado.

En el trabajo de investigación que presentó (ALVAREZ GUILLÉN, 2017), con tema "Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto", para determinar el tiempo de fraguado, se utilizó el ensayo de "velocidad de endurecimiento", donde se aplica la norma ASTM C-403, donde, se realizó el proceso para la mezcla patrón y para distintos porcentajes de azúcar morena, siendo 0.03%, 0.075%, y 0.15%, dando resultados de tiempo inicial de fraguado 5 horas con 38 minutos, para la mezcla patrón, y 6 horas con 36 minutos, 15 horas con 35 minutos, y 16 horas con 18 minutos para los porcentajes respectivos. Y con respecto al tiempo final de fraguado, para la mezcla patrón, 7 horas con 6 minutos, y 9 horas

con dos minutos, 18 horas con 24 minutos y 20 horas con 47 minutos, para los porcentajes respectivos.

Se presenta que, en el desarrollo de esta investigación, se llegó a utilizar el método Vicat, para determinar el tiempo de fraguado inicial y final, y por el uso de los aditivos ya mencionados con anterioridad, teniendo como resultado, para la mezcla patrón, un tiempo de fraguado inicial Vicat de 1 hora con 19 minutos, y para el 0.03% de azúcar morena y SIKA RETARDER, resultados de 2 horas con 45 minutos, y 1 hora con 22 minutos respectivamente. Alcanzando, de esta manera una efectividad del 108.86% y 3.80%, teniendo en cuenta el orden de los aditivos mencionados. Y para un tiempo de fraguado final Vicat, para la muestra patrón, se presenta un tiempo de 4 horas con 5 minutos, y para la azúcar morena y SIKA RETARDER al 0.03%, 5 horas con 20 minutos, y 4 horas con 56 minutos respectivamente, con una efectividad del 30.61% y 20.82%, siguiendo el orden anterior. A partir de los datos presentados, se puede evidenciar que, el uso de la azúcar morena, con respecto a los resultados, no tienen un gran margen de diferencia.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Conclusión acerca del O.G.: Los resultados obtenidos evidencian que la azúcar morena logra retardar el tiempo de fraguado de manera similar, o incluso superando al aditivo convencional, permitiendo una adecuada trabajabilidad de la mezcla, pero reduciendo, en ambos casos, la resistencia a la compresión, en comparación al diseño de referencia.

Conclusión acerca del O.E.1: Se logró un diseño de dosificación, para la muestra patrón, permitiendo marcar una referencia para la comparación de los resultados utilizando azúcar morena y un aditivo ASTM C494 tipo B, evidenciado en la tabla 20 y tabla 21, donde se consideró un porcentaje del 0.03% del aditivo respecto al peso del cemento. Esta formulación representa una alternativa efectiva para modificar las propiedades del hormigón, especialmente en el retardo del fraguado.

Conclusión acerca del O.E.2: Con el porcentaje de 0.03%, para los diseños de hormigón, en donde, a los 28 días de fraguado, se dio uso a la azúcar morena, alcanzo una resistencia a la compresión de 222 kg/cm² y una eficiencia de 5.9%, donde, por otro lado, se dio uso al aditivo que cumple la normativa ASTM C494 tipo B, presento una resistencia a la compresión de 246 kg/cm² y una eficiencia de 17.2%, presentando una diferencia negativa, con respecto a la muestra patrón, de 41 kg/cm² o 15.6% y 17 kg/cm² o 6.6%, respectivamente. Para el análisis del tiempo de fraguado, en el ensayo del aparato de Vicat, se evaluaron estos dos aditivos, con el mismo porcentaje del 0.03% del peso del cemento utilizado, donde se reflejó un tiempo de fraguado inicial y final Vicat de 165 minutos, y 320 minutos, respectivamente para los datos de la azúcar morena, equivalente a un 108.86% y 30.61% más; mientras que se obtuvo 82 minutos, y 296 minutos, correspondientemente, para el aditivo que cumple la normativa ASTM C494 tipo B, equivalente a un 3.8% y 20.82%.

Fundamentándonos con los datos obtenidos, se observa que, para los ensayos de resistencia a la compresión, el uso de la azúcar morena, y el aditivo ASTM C494 tipo B, reduce la eficiencia en un 19.6% y 8.339%, a comparación de la mezcla patrón a los 28 días de curado. Sin embargo, para la determinación del tiempo de inicio de fraguado, la azúcar morena brinda resultados mejores con respecto al aditivo ASTM C494 tipo B, dando una efectividad del 108.86%, más del doble que del aditivo también evaluado.

Conclusión acerca del O.E.3: Al realizar el análisis de precios unitarios de tres diseños de mezclas para un metro cubico de hormigón, los aditivos al 0.03%, siendo la azúcar morena y el aditivo ASTM C494 tipo B, presenta un costo adicional de \$0.14, o 0.077% y \$0.11, o 0.061%, respectivamente, comparado con la mezcla patrón, sin tener en cuenta el transporte al momento de adquirir el producto.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de la mezcla de hormigón, donde se le ha agregado la azúcar morena, en estructuras, en las cuales, los elementos estructurales no sean sometidos a cargas de gran magnitud, puesto que se tiene en consideración en la normativa ASTM C494M, donde se especifica que, para aditivos químicos, la resistencia a compresión a 28 días del concreto con aditivo debe de ser por lo menos el 90% de la resistencia del concreto sin aditivo (control), en mezclas de prueba. Pero, se puede tener en consideración dar su uso en viviendas de una sola planta, como villas, donde no cuente con loseta de cubierta, solamente el uso de vigas de cubierta, puesto que ha logrado alcanzar una resistencia a la compresión dentro del rango permitido. Se debe de realizar de manera correcta el pesaje de la azúcar morena para evitar efectos adversos como la perdida de resistencia del hormigón.

Se recomienda dar estudio a ensayos de laboratorio que pueden influir negativamente en las propiedades mecánicas del hormigón, cuando se lo aplica in situ, como lo son: Retracción hidráulica, impermeabilidad, contenido de aire, durabilidad, corrosión, y ataques a sustancias químicas.

Para la incorporación de la azúcar morena en la mezcla de hormigón, es de necesidad realizar un estudio de producción a diferentes escalas, para obtener información acerca de la factibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¿Qué son los acelerantes del fraguado del hormigón?* (22 de Marzo de 2022). Recuperado el 27 de Agosto de 2024, de CHRYSO Aditivos: <https://www.chryso.es/news/913/acelerantes+de+fraguado#:~:text=Los%20aditivos%20acelerantes%20se%20refieren,que%20tenga%20resistencia%20muy%20elevada.>
- 211.1-91, 2.-A. (1997). *Práctica estándar para la selección de proporciones para hormigón normal, pesado y en masa: Procedimiento para el diseño de mezclas.*
- Alejandro Vera, A. A., & Costa Alume, A. P. (2019). Variabilidad del tiempo de fraguado del hormigón debido a la mezcla de aditivos retardantes y plastificantes [Tesis de ingeniería civil, Escuela superior politécnica del litoral]. *Repositorio institucional*. Guayaquil, Ecuador. Recuperado el Marzo de 2025
- Al-Gburi, M., & Yusuf, S. A. (2022). Investigation of the effect of mineral additives on concrete strength using ANN. *Asian Journal of Civil Engineering*, 405-414.
- ALVAREZ GUILLÉN, J. C. (2017). *AZÚCAR COMO ADITIVO RETARDANTE Y MODIFICADOR DE RESISTENCIA PARA MEZCLAS DE CONCRETO [Titulo de ingeniero civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Repositorio digital. Recuperado el marzo de 2025
- Álvarez Guillén, J. C. (s.f.). *AZÚCAR COMO ADITIVO RETARDANTE Y MODIFICADOR DE RESISTENCIA PARA MEZCLAS DE CONCRETO [Titulo de ingeniero civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Repositorio digital.
- Argueta, K., Flores, J., Giron, C., Herrera, A., Mulato, C., Lazo, I., & Ramírez, R. (2017). *Método de prueba estándar para la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y adsorción del agregado fino*. San Miguel. Recuperado el 31 de agosto de 2024

- Cárdenas, J., Cordero, G., & Rojas, J. (2019). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- CHRYSO Aditivos. (09 de septiembre de 2021). *¿Cuándo debemos usar retardantes en el hormigón?* Recuperado el 26 de agosto de 2024, de CHRYSO: <https://www.chryso.es/news/860/cu-ndo-debemos-usar-retardantes-en-el-hormig-n-chryso-aditivos>
- Chryso Aditivos. (22 de marzo de 2022). *¿Qué son los acelerantes del fraguado del hormigón?* Recuperado el 27 de agosto de 2024, de CHRYSO Aditivos España: <https://www.chryso.es/news/913/acelerantes+de+fraguado#:~:text=Los%20aditivos%20acelerantes%20se%20refieren,que%20tenga%20resistencia%20muy%20elevada.>
- Ferrol, F. (15 de abril de 2024). *¿Qué importancia tiene el hormigón en la construcción?* Obtenido de <https://franciscoferrol.com/importancia-hormigon-en-construccion/>
- Gómez, A., Villasís, A., & Miranda, G. (2016). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Revista Alergiia Mexico. Recuperado el 7 de abril de 2025, de www.nietoeditores.com.mx
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2009). *CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO. METODO VICAT*. QUITO, ECUADOR. Recuperado el 31 de MARZO de 2025
- Johnson, D. (2020). Sustainable additives in concrete: A review. *Journal of Sustainable Construction Materials*, 24-35.
- Jones, A., & Brown, C. (2019). Effect of conventional retarders on concrete properties. *Construction and Building Materials*, 112-120.

- López, P. L. (2004). *POBLACION MUESTRA Y MUESTREO*. Recuperado el 07 de abril de 2025, de SCIELO: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- MAPEI S.p.A. (2024). *Aditivos Reductores de Agua*. Recuperado el 25 de agosto de 2024, de MAPEI: <https://www.mapei.com/mx/es-mx/productos-y-soluciones/lineas-de-productos/aditivos-para-concreto/aditivos-reductores-de-agua>
- Mego Delgado, J. C. (2019). *Evaluación del efecto retardante del aditivo sika retarder pe y la azúcar blanca, en elemento columna para un concreto $f'c=210$ kg/cm², en Lima 2019 [Tesis de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional, Lima, Perú. Recuperado el marzo de 2025
- NTE INEN 1573. (2010). *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón hidráulico*. Norma Técnica Ecuatoriana.
- Otzen, T., & Carlos, M. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Arica: International Journal of Morphology. Recuperado el 07 de abril de 2025, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Palaniappan, M., Murugan, K., Gurusamy, A., Koppayaraj, A., & Sivasubramanian, K. (2024). *Arriving the optimum retarder dosage level of sugar on the setting time, compressive strength, and microstructure property of Portland pozzolana cement*. UNIVERSITY OF DEBRECEN, INDIA. doi:<https://doi.org/10.1556/1848.2024.00753>
- Raven, P., Johnson, G., Mason, K., Losos, J., & Singer, S. (2014). *Sugar isomers have structural differences*. Nueva York, Estados Unidos.
- Sánchez Flores, F. A. (2019). *Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos*. Perú: Revista digital de

investigación en docencia universitaria.
doi:<https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

Silva, O. J. (s.f.). *GENERALIDADES Y TIPOS DE ADITIVOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA NTC 1299*. Obtenido de 360 EN CONCRETO: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto/>

Superplastificantes para Hormigón. (2024). Recuperado el 25 de agosto de 2024, de Chryso: <https://www.chryso.es/pc/2221/superplastificantes>

Supo, J. (02 de abril de 2023). *Niveles de investigación*. Recuperado el 07 de abril de 2025, de BIOESTADISTICO: <https://bioestadistico.com/niveles-de-investigacion>

Velázquez, A. (2024). *Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla*. Recuperado el 07 de Abril de 2025, de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>

White, R. (2021). Sugar as a retarder in high-strength concrete. *International Journal of Civil Engineering*, 78-86.

Zschimmer & Schwarz. (29 de junio de 2023). *¿Qué es el azúcar? Todo lo que tienes que saber sobre el azúcar y los edulcorantes*. Recuperado el 15 de agosto de 2024, de Zschimmer & Schwarz: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-es-azucar/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20la%20sacarosa,una%20diferencia%20significativa%20entre%20ambos.>

ANEXOS

Anexo 1

Tamices a utilizar en el ensayo



Anexo 2

Realización del tamizado manual



Anexo 3

*Realización del ensayo de P.V.S.
del agregado grueso*



Anexo 4

*Realización del ensayo de P.V.C.
del agregado grueso*



Anexo 5

Pesado para determinación del peso volumétrico



Anexo 6

Materiales para elaboración de la mezcla de hormigón



Anexo 7

Cilindros de hormigón en su proceso de curado



Anexo 8

Retiro de piscina de curado para realización de ensayo



Anexo 9

Pesado de cilindro de hormigón



Anexo 10

Ensayo de resistencia a la compresión



Anexo 11

Cilindro de hormigón ensayado



Anexo 12

Elaboración de la pasta de cemento para ensayo de la aguja de Vicat



Anexo 13

Muestra para realización de ensayo de aguja de Vicat



Anexo 14

Calibración de la aguja de Vicat



Anexo 15

Realización del ensayo de tiempo de fraguado



Anexo 16

Ensayos realizados al agregado grueso

AGREGADO GRUESO					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0,00973688	m ³	VOLUMEN	0,00973688	m ³
P.V.S + RECIPIENTE	24,2	kg	P.V.V + RECIPIENTE	25,38	kg
RECIPIENTE	10,94	kg	RECIPIENTE	10,94	kg
PESO	13,26	kg	PESO	14,44	kg
P.V.S	1361,83	kg/m³	P.V.V	1483,02	kg/m³
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)					
P.S.S.S.			2000	gr	
W(canastilla sumergida)			1009	gr	
W(canastilla sumergida + material)			2230	gr	
W(canastilla sumergida + material) - W(canastilla)			1221	gr	
VOLUMEN			779	cm ³	
D.S.S.S.			2,57	gr/cm³	
			2567,39	kg/m³	
PESO GRAVA SATURADA (gr)	PESO GRAVA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción
1640	1610		30		1,86

Anexo 17

Ensayos realizados al agregado fino

AGREGADO FINO					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA		
VOLUMEN	0,00281	m ³	P.S.S.S.	500	gr
P.V.S + RECIPIENTE	7,92	kg	LECTURA INICIAL	200	gr
RECIPIENTE	4,42	kg	LECTURA FINAL	402	gr
PESO	3,5	kg	W Desalojado	202	gr
P.V.S	1245,55	kg/m³	V Desalojado	202	cm ³
D.S.S.S.			2,48	gr/cm³	2475,25
					kg/m³
PESO ARENA SATURADA (gr)	PESO ARENA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción
393,18	388,57		4,61		1,19

Anexo 18

Humedad de los respectivos agregados

HUMEDAD DE ARENA		HUMEDAD DE GRAVA	
RECIPIENTE	A	RECIPIENTE	W
W RECIPIENTE (gr)	54,17	W RECIPIENTE (gr)	54,36
W ARENA+ R	487,84	W GRAVA + R	358,94
W ARENA SECA+ R	463,34	W GRAVA SECA+ R	358,21
W de AGUA	24,50	W de AGUA	0,73
W ARENA SECA	409,17	W GRAVA SECA	303,85
HUMEDAD	5,99	HUMEDAD	0,24

Anexo 19

Cálculos de granulometría al agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50	0	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,5	0	0,00	0,00	100,00
1"	25,4	0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1630	16,08	16,08	83,92
1/2"	12,5	5265	51,95	68,03	31,97
3/8"	9,5	1913	18,88	86,91	13,09
Nº 4	4,75	1050	10,36	97,27	2,73
Nº8	2,36	263	2,60	99,86	0,14
Nº16	1,18	0,38	0,00	99,87	0,13
FONDO		13,32	0,13	100,00	0,00
TOTAL		10134,7	100,00		

Anexo 20

Cálculo del módulo de finura del agregado grueso

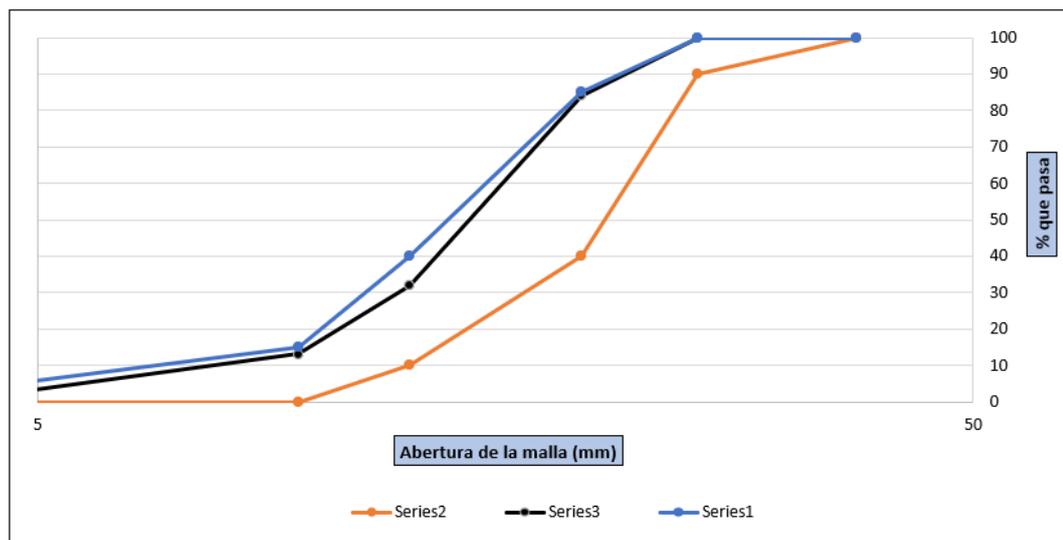
Requisito para que se cumpla el módulo de finura en agregado grueso entre 5 y 7 según ASTM C-33

$$MF = \frac{\sum \%retenido_acumulado(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

		¿CUMPLE REQUISITO?
Modulo de Finura	7,00	SI

Anexo 21

Curva granulométrica del agregado grueso



Anexo 22

Cálculo de la granulometría del agregado fino

TAMIZ	ABERTURA	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"	9,5	0	0,00	0,00	100,00
Nº 4	4,75	83,7	4,52	4,52	95,48
Nº 8	2,36	149,4	8,07	12,59	87,41
Nº 16	1,18	206,06	11,13	23,71	76,29
Nº 30	0,6	332,88	17,97	41,69	58,31
Nº 50	0,3	653	35,26	76,94	23,06
Nº 100	0,15	309,39	16,71	93,65	6,35
FONDO		117,6	6,35	100,00	0,00
TOTAL		1852,03	100,00		

Anexo 23

Cálculo del módulo de finura del agregado fino

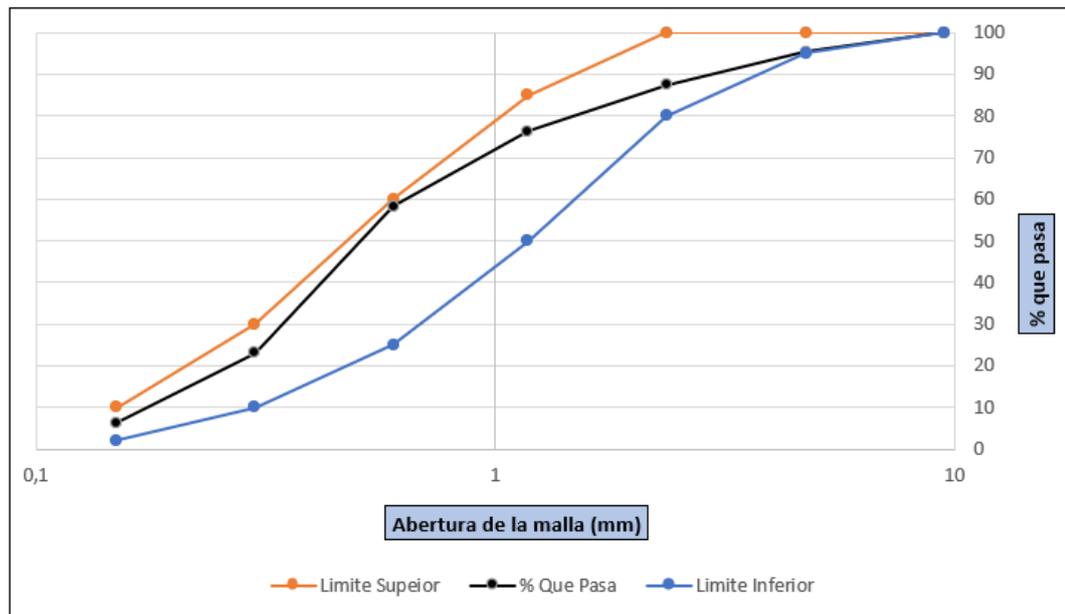
Requisito para que se cumpla el módulo de finura en agregado fino entre 2.3 y 3.1 según ASTM C-33

$$MF = \frac{\sum \%retenido_acumulado(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

		¿CUMPLE REQUISITO?
Modulo de Finura	2,53	SI

Anexo 24

Curva granulométrica del agregado fino



Anexo 25

Resumen de los datos de los agregados seleccionados

RESUMEN DE DATOS		
Peso específico del cemento	2950	kg/m ³
ARENA		
Módulo de finura de la arena	2,53	
Peso volumetrico de la arena	1245,55	kg/m ³
D.S.S.S. de la arena	2475,25	Kg/m ³
Absorción de la arena	1,19	%
Humedad de la arena	5,99	%
GRAVA		
Peso volumetrico suelto de la grava	1361,83	kg/m ³
Peso volumetrico varillado de la grava	1483,02	kg/m ³
D.S.S.S. de la grava	2567,39	kg/m ³
Tamaño máximo NOMINAL de la grava	25	mm
Absorción de la grava	1,86	%
Humedad de la grava	0,24	%

Anexo 26

Resistencia a la compresión requerida y selección de revenimiento

F'c	210	kg/cm ²
Desviacion	84	
F'cr (sin aire)	294	kg/cm ²
F'cr (con aire)	0	kg/cm ²

Revenimiento	7,50	cm
---------------------	------	----

Anexo 27

Cálculo del agua y determinación de la relación agua cemento

TMN de la grava	
25	mm

CANTIDAD DE AGUA		AIRE ATRAPADO	
193	kg/m ³	1,5	%

Relacion a/c	0,55
CANTIDAD DE CEMENTO	
349,64	kg/m ³

Anexo 28

Cálculo de la cantidad de grava

AGREGADO GRUESO

Tabla A5.	MF arena	P.V.V.	
0,697	2,53	1483,02	kg/m3

CANTIDAD DE GRAVA	
1033,67	kg/m3

Anexo 29

Cálculo de la cantidad de arena

AGREGADO FINO

	W (kg)	D (kg/m3)	V (m3)	Correccion 60-40 de agregados		
Agua	193	1000	0,193	Agreg.Total	1704,13	kg
Cemento	349,64	2950	0,119	Arena	681,65	kg
Grava	1033,67	2567,39	0,403	Grava	1022,48	kg
Arena	670,46	2475,25	0,271			
Aire	0	0	0,015			
			1,000			

Anexo 30

Corrección de las cantidades de los agregados según su humedad y absorción

	CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION											
	W (kg)	Humedad			Absorción			Diferencia	W (kg)	D (kg/m3)	V (m3)	%propor V
		%	kg	%	kg	%	kg					
AIRE											0,015	1,5
CEMENTO	349,64							349,64	2950		0,119	12,0
GRAVA	1033,67	0,24	2,48	1,86	-19,26	-16,78	1016,89	2567,39		0,396		40,0
ARENA	670,46	5,99	40,15	1,19	-7,95	32,19	702,65	2475,25		0,284		28,6
AGUA	193		-42,63		27,22	15,41	177,59	1000		0,178		17,9
TOTAL	2246,76						2246,76				0,991	100,00

Anexo 31

Datos del volumen requerido para los cilindros

Datos cilindro		
Pi	3,14156	
Radio	0,075	m
A= Pi*r ²	0,01767128	m2
h	0,3	m
V. cilindro	0,00530138	m3
# cilindros	8	unidades
VolumenCilindr	0,042	m3

Volumen testigos		0,042	m3
Desperdicio	10%	0,0042	m3
Volumen requerido a fundir		0,047	m3

Anexo 32

Dosificación para los cilindros de hormigón

PARA FUNDIR TESTIGOS					
	Vfundir(m3)	%propor V	Vol material	D (kg/m3)	kg (PESAR)
AIRE		1,5	0,000706		
CEMENTO		12,0	0,005579	2950	16,46
GRAVA		39,97	0,018645	2567,39	47,87
ARENA		28,6	0,013363	2475,25	33,08
AGUA		17,9	0,008360	1000	8,36
TOTAL	0,047	100,0	0,046652		105,76

Anexo 33

Cantidad de aditivo a adicionar en la mezcla

ADITIVO=	0,0003	(0,03%)	ESTE VALOR SE TIENE QUE PESAR TANTO PARA EL ADITIVO ASTM C494 TIPO B COMO PARA EL AZUCAR
ADITIVO=	0,005	kg	
ADITIVO=	4,94	gr	