



Universidad Científica del Perú - UCP
Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“ESTUDIO DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO CEMENTO –
ARENA, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS - 2021”.**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR :
- Br. PINEDO IZQUIERDO, JOSÉ LUIS

ASESOR :
- Ing. BAUTISTA SERPA, LILIANA. Mg.

Universidad Científica del Perú
Laboratorio de Estudios de Suelos

LILIANA BAUTISTA SERPA
CIP N° 10000
INGENIERO CIVIL

San Juan Bautista - Loreto – Maynas – Perú
2021

Dedicatoria

A Dios, mi padre celestial por dirigir y forjar mi camino. Quien me ha dirigido por el sendero correcto, quien siempre está conmigo a pesar de mis errores. Por siempre brindarme salud y protección. Gracias por permitirme crecer con una familia maravillosa como la mía, llena de valores.

A mis padres, José y Rosa, por ser los autores principales de mi vida, muchos de mis logros los debo a ustedes, estoy agradecido infinitamente con uds. mis amores eternos por las enseñanzas y los valores inculcados en mis hermanos y mi persona. Gracias por su apoyo incondicional en el transcurso de mi formación profesional, gracias negrita (mamita) de mi corazón por siempre creer en mí y enseñarme lo que es lograr nuestras metas con humildad y perseverancia. A ti José Lorenzo Pinedo, por tus grandes enseñanzas de la vida.

Agradecimiento

A mis padres, por darme la vida.

A mi asesora, Ing. Liliana Bautista Serpa, por su dedicación y apoyo para la realización de esta tesis y por transmitirme su conocimiento en el campo de la ingeniería.

Al personal del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la UCP, Téc. Jack y Karol por sus valiosos conocimientos.

A los practicantes del Laboratorio, por apoyarme con los ensayos realizados para esta investigación.

A mis hermanos, en especial a Jhon, por apoyarme en la realización de esta investigación con el trabajo de vaciado de diseño de mezcla.

A todos, muchísimas gracias.

Acta de Sustentación



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 228-2021-UCP-FCEI de fecha 27 de Abril de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| • Ing. Carol Begoña García Langer, Mg | Presidente |
| • Ing. Félix Wong Ramírez, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg. | Miembro |

Como Asesor: Ing. Liliana Bautista Serpa, Mg.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 10:00 horas del día 11 de Diciembre del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por el Secretario Académico del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"ESTUDIO DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS - 2021"**.

Presentado por el sustentante:

JOSE LUIS PINEDO IZQUIERDO

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR EXCELENCIA**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.


Ing. Carol Begoña García Langer, Mg.
PRESIDENTE DE JURADO


Ing. Félix Wong Ramírez, M. Sc.
Miembro


Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.
Miembro

Contáctanos:

Iquitos – Perú
005 - 26 1088 / 005 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 – 58 5038 / 42 – 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagnon 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"ESTUDIO DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA,
UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I, IQUITOS - 2021"**

De los alumnos: **PINEDO IZQUIERDO JOSÉ LUIS**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **16% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 15 de Noviembre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

CIRA/ri-a
439-2021

APROBACIÓN

FIRMA DE JURADOS Y ASESOR

Tesis sustentada en acto virtual el día 11 de diciembre del 2021 a las 10:00 a.m.



Ing. Carol Begoña García Langer, Mg.

PRESIDENTE DEL JURADO



MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Félix Wong Ramírez, M.Sc.



MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.



Universidad Científica del Perú.
Laboratorio Nacional de Suelos

LILIANA BAUTISTA SERPA
C.I. 108434
INGENIERO CIVIL

ASESOR

Ing. Liliana Bautista Serpa, Mg.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Acta de Sustentación.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	19
1.1. Antecedentes del estudio.....	19
1.2. Bases teóricas.....	28
1.2.1. EL CONCRETO.....	28
1.2.2. CONTRACCIÓN DEL CONCRETO.....	29
1.2.3. TIPOS DE CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO.....	30
1.2.3.1. EN ESTADO FRESCO.....	31
1.2.3.1.1. ASENTAMIENTO PLÁSTICO.....	31
1.2.3.1.2. CONTRACCIÓN QUÍMICA.....	32
1.2.3.1.3. CONTRACCIÓN PLÁSTICA.....	33
1.2.3.2. EN ESTADO ENDURECIDO.....	36
1.2.3.2.1. CONTRACCIÓN AUTÓGENA.....	36
1.2.3.2.2. CONTRACCIÓN POR CARBONATACIÓN.....	38
1.2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO.....	39
1.2.4.1. FACTORES INTERNOS.....	39
1.2.4.1.1. Cementos.....	39
1.2.4.1.2. Agregados.....	40
1.2.4.1.3. Contenido de agua.....	41
1.2.4.2. FACTORES EXTERNOS.....	42
1.2.4.2.1. Temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.....	42
1.2.4.2.2. Geometría del elemento.....	43
1.2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A EMPLEAR..	43

1.2.5.1.	Cemento Portland Tipo I.....	43
1.2.5.2.	Agregado Fino.....	45
1.2.5.2.1.	Granulometría del agregado fino: (NTP 400.012).....	45
1.2.5.2.2.	Módulo de finura: (NTP 400.011).....	46
1.2.5.2.3.	Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018).....	47
1.2.5.2.4.	Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566).....	48
1.2.5.2.5.	Peso específico y absorción: (NTP 400.022), (ASTM-128).....	49
1.2.5.2.6.	Peso unitario: (NTP 400.017), (ASTM C-29).....	53
1.2.5.3.	Agua.....	56
1.2.5.4.	Diseño de mezcla.....	58
1.2.6.	ENSAYO AL CONCRETO FRESCO.....	59
1.2.6.1.	Peso unitario: (NTP 339.046).....	59
1.2.6.2.	Rendimiento: (NTP 339.046).....	60
1.2.6.3.	Contenido de aire: (NTP 339.046).....	61
1.2.6.4.	Asentamiento: (NTP 339.035), (ASTM C – 143).....	61
1.2.6.5.	Exudación: (NTP 339.077), (ASTM C232).....	62
1.2.6.6.	Temperatura del concreto: (NTP 339.184), (ASTM C1064).....	63
1.2.7.	ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO.....	63
1.2.7.1.	Resistencia a la compresión: (NTP 339.034).....	63
1.2.7.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral: (NTP 339.084).....	65
1.2.7.3.	Ensayo de módulo de elasticidad: (Norma ASTM C 469-94).....	65
1.2.7.4.	Ensayo de contracción del concreto: norma ASTM C 490-00, C 192 (American Society for Testing and Materials).67	67
1.2.7.5.	Cálculo del cambio de longitud.....	69
1.3.	Definición de términos básicos.....	70
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....		72
2.1.	Descripción del problema.....	72
2.2.	Formulación del problema.....	73
2.2.1.	Problema general.....	73
2.2.2.	Problemas específicos.....	73

2.3.	Objetivos.....	73
2.3.1.	Objetivo general.....	73
2.3.2.	Objetivos específicos.....	74
2.4.	Justificación de investigación.....	74
2.5.	Hipótesis.....	75
2.6.	Variables.....	75
2.6.1.	Identificación de las variables.....	75
2.6.2.	Definición conceptual de las variables.....	76
2.6.3.	Operacionalización de las variables.....	77
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....		78
3.1	Tipo y diseño de investigación.....	78
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	78
3.1.2.	Diseño de investigación.....	78
3.2.	Población y muestra.....	79
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	80
3.4.	Procesamiento y análisis de datos.....	81
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....		82
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	82
4.1.1.	Agregado fino.....	82
4.1.1.1.	Análisis granulométrico (NTP 400.037).....	83
4.1.1.2.	Módulo de fineza (NTP 400.011).....	86
4.1.1.3.	Superficie específica (NTP 400.012).....	87
4.1.1.4.	Material que pasa el tamiz N°200 (NTP 400.018).....	89
4.1.1.5.	Peso específico (NTP 400.022).....	90
4.1.1.6.	Absorción (NTP 400.037).....	91
4.1.1.7.	Peso unitario suelto (PUS) (NTP 400.017).....	92
4.1.1.8.	Peso unitario compactado (PUC) (NTP 400.017).....	93
4.2.	CEMENTO.....	94
4.2.1.	Definición.....	94
4.2.2.	Características (Cemento portland Tipo I).....	94
4.3.	PREPARACIÓN DE DISEÑO DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA.....	95
4.3.1.	Diseño del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.55...96	
4.3.3.	Diseño del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.70.102	

4.4.	PROPIEDADES DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA EN ESTADO FRESCO.....	105
4.4.1.	Consistencia (NTP 339.035).....	105
4.4.2.	Peso Unitario (NTP 339.046).....	107
4.4.3.	Contenido de Aire (NTP 339.083).....	108
4.4.4.	Temperatura del concreto (NTP 339.184).....	109
4.4.5.	Exudación (NTP 339.077).....	111
4.5.	PROPIEDADES DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA EN ESTADO ENDURECIDO.....	112
4.5.1.	Resistencia a la compresión (NTP 339.034).....	112
4.5.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084).....	116
4.5.3.	Módulo Elástico Estático (NTP 339.084).....	119
4.6.	ENSAYOS DE CONTRACCIÓN.....	121
4.6.1.	Ensayo para la determinación de cambio de longitud en concreto.....	121
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		
	148
5.1.	DISCUSIÓN.....	148
5.2.	CONCLUSIONES.....	157
5.3.	RECOMENDACIONES.....	164
	Referencias bibliográficas.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: Requisitos químicos para el Cemento Portland Tipo I.....	44
TABLA N° 02: Características físicas del Cemento Portland Tipo I (Sol)...	44
TABLA N°03: Límites granulométricos según normas NTP 400.037.....	46
TABLA N° 04: Límite permisible del agua.....	57
TABLA N° 05: Operacionalización de Variables.....	77
TABLA N° 06: Análisis Granulométrico de la muestra N° 01 del agregado fino.....	84
TABLA N° 07: Análisis Granulométrico de la muestra N° 02 del agregado fino.....	85
TABLA N° 08: Análisis Granulométrico de la muestra N° 03 del agregado fino.....	86
TABLA N° 09: Módulo de Fineza del Agregado Fino.....	87
TABLA N° 10: Superficie Específica de la muestra N° 01 del Agregado Fino.	88
TABLA N° 11: Superficie Específica de la muestra N° 02 del Agregado Fino.....	88
TABLA N° 12: Superficie Específica de la muestra N° 03 del Agregado Fino.....	89
TABLA N° 13: Cantidad de Material Fino que Pasa la Malla N° 200.....	90
TABLA N° 14: Peso Específico del Agregado Fino.....	91
TABLA N° 15: Ensayo de Absorción del Agregado Fino.....	92
TABLA N° 16: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.....	93
TABLA N° 17: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino.....	94
TABLA N° 18: Diseño del Concreto Cemento – Arena, relación w/c = 0.55....	96
TABLA N° 19: Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto..	97
TABLA N° 20: Diseño del Concreto Cemento – Arena, relación w/c = 0.60....	99
TABLA N° 21: Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto..	100
TABLA N° 22: Diseño del Concreto Cemento – Arena, relación w/c = 0.70....	102
TABLA N° 23: Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto..	103
TABLA N° 24: Ensayo de Asentamiento.....	106

TABLA N° 25: Peso Unitario.....	107
TABLA N° 26: Ensayo de Contenido de Aire.....	109
TABLA N° 27: Temperatura del Concreto.....	110
TABLA N° 28: Exudación del concreto.....	111
TABLA N° 29: Resistencia a la Compresión, relación w/c = 0.55.....	113
TABLA N° 30: Resistencia a la Compresión, relación w/c = 0.60.....	114
TABLA N° 31: Resistencia a la Compresión, relación w/c = 0.70.....	115
TABLA N° 32: Coeficiente de Variación.....	115
TABLA N° 33: Resistencia a la Tracción, relación w/c = 0.55.....	117
TABLA N° 34: Resistencia a la Tracción, relación w/c = 0.60.....	117
TABLA N° 35: Resistencia a la Tracción, relación w/c = 0.70.....	118
TABLA N° 36: Coeficiente de Variación de la Resistencia a la Tracción...	119
TABLA N° 37: Cuadro de módulo de elasticidad – relación w/c = 0.55...	120
TABLA N° 38: Cuadro de módulo de elasticidad – relación w/c = 0.60...	120
TABLA N° 39: Cuadro de módulo de elasticidad – relación w/c = 0.70...	121
TABLA N° 40: Cuadro de registro de los prismas de contracción, 28 días de curado – relación w/c = 0.55.....	122
TABLA N° 41: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.55.....	123
TABLA N° 42: Cuadro de registro de los prismas de contracción, sin curado – relación w/c = 0.55.....	125
TABLA N° 43: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.55.....	126
TABLA N° 44: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.55.....	128
TABLA N° 45: Cuadro de registro de los prismas de contracción, 28 días de curado – relación w/c = 0.60.....	130
TABLA N° 46: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.60.....	131
TABLA N° 47: Cuadro de registro de los prismas de contracción, sin curado – relación w/c = 0.60.....	133
TABLA N° 48: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.60.....	134
TABLA N° 49: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.60.....	136

TABLA N° 50: Cuadro de registro de los prismas de contracción, 28 días de curado – relación w/c = 0.70.....	138
TABLA N° 51: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.70.....	139
TABLA N° 52: Cuadro de registro de los prismas de contracción, sin curado – relación w/c = 0.70.....	141
TABLA N° 53: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.70.....	142
TABLA N° 54: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.70.....	144
TABLA N° 55: Temperatura y humedad relativa del ambiente.....	146
TABLA N° 56: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días – relación w/c = 0.55.....	153
TABLA N° 57: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días – relación w/c = 0.60.....	153
TABLA N°58: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días – relación w/c = 0.70.....	154
TABLA N°59: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar....	154
TABLA N°60: Porcentaje de variación de la longitud del concreto curado 28 días.....	155
TABLA N° 61: Porcentaje de variación de la longitud en los tipos de concreto sin curar con respecto a su longitud inicial.....	156
TABLA N° 62: Porcentaje de variación de la longitud en los tipos de concreto curado 28 días con respecto a su longitud inicial...	157
TABLA N° 63: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días.....	162
TABLA N° 64: Porcentaje de variación de la longitud del concreto curado 28 días.....	162

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 01: Fisuras por Asentamiento Plástico.....	32
GRÁFICO N° 02: Cambios de Volumen por Contracción Química y Contracción Autógena de pasta fresca y endurecida. Sin Escala	33
GRÁFICO N° 03: Nomograma basado en la fórmula de Menzel.....	34
GRÁFICO N°04: Fisuras por Contracción Plástica en el concreto fresco...	35
GRÁFICO N°05: Relación entre Contracción Autógena y Contracción Química de la pasta de cemento en edades tempranas.....	37
GRÁFICO N°06: Efecto típico del contenido de agua del concreto sobre la contracción por secado.....	41
GRÁFICO N°07: Relaciones entre la retracción y el tiempo para concretos almacenados a diferentes humedades relativas.....	42
GRÁFICO N° 08: Esquema de un Experimento y sus Variables.....	78
GRÁFICO N° 09: Agregado fino (procedente de la cantera ubicada en la carretera Iquitos – Nauta).....	83
GRÁFICO N° 10: Ensayo de Análisis granulométrico y juego de tamices...	83
GRÁFICO N° 11: Curva Granulométrica de la muestra N° 01 del agregado fino.....	84
GRÁFICO N° 12: Curva Granulométrica de la muestra N° 02 del agregado fino.....	85
GRÁFICO N° 13: Curva Granulométrica de la muestra N° 03 del agregado fino.....	86
GRÁFICO N° 14: Ensayo de Material que pasa la malla N° 200.....	89
GRÁFICO N° 15: Ensayo de Peso Específico del agregado fino.....	90
GRÁFICO N° 16: Ensayo de Absorción del agregado fino.....	91
GRÁFICO N° 17: Ensayo de Peso Unitario Suelto.....	92
GRÁFICO N° 18: Ensayo de Peso Unitario Compactado.....	93
GRÁFICO N° 19: Almacenamiento del Cemento Sol Tipo I.....	95
GRÁFICO N° 20: Composición por peso de un metro cúbico de concreto...	98
GRÁFICO N° 21: Composición por volumen de un metro cúbico de concreto.....	98
GRÁFICO N° 22: Composición por peso de un metro cúbico de concreto....	101
GRÁFICO N° 23: Composición por volumen de un metro cúbico de concreto.....	101

GRÁFICO N° 24: Equipos para el vaciado de diseño de mezcla.....	104
GRÁFICO N° 25: Composición por volumen de un metro cúbico de concreto.....	104
GRÁFICO N° 26: Equipos para el vaciado de diseño de mezcla.....	105
GRÁFICO N° 27: Ensayo de Consistencia de la mezcla.....	106
GRÁFICO N° 28: Barras para los Asentamientos.....	106
GRÁFICO N° 29: Ensayo de Peso Unitario.....	107
GRÁFICO N° 30: Ensayo de Pesos Unitarios.....	108
GRÁFICO N° 31: Ensayo de Contenido de Aire.....	108
GRÁFICO N° 32: Gráfico de barras para el Contenido de Aire.....	109
GRÁFICO N° 33: Ensayo de Temperatura del Concreto.....	110
GRÁFICO N° 34: Gráfico de barras para la Temperatura del Concreto...	110
GRÁFICO N° 35: Ensayo de Exudación.....	111
GRÁFICO N° 36: Ensayo de Exudación.....	112
GRÁFICO N° 37: Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	113
GRÁFICO N° 38: Gráfico de Resistencia vs día de curado.....	114
GRÁFICO N° 39: Resistencia vs día de curado.....	114
GRÁFICO N° 40: Resistencia vs día de curado.....	115
GRÁFICO N° 41: Progresión de resistencia a la compresión durante 28 días (kg/cm ²).....	116
GRÁFICO N° 42: Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.....	116
GRÁFICO N° 43: Gráfico de Resistencia a la Tracción vs día de curado..	117
GRÁFICO N° 44: Gráfico de Resistencia a la Tracción vs día de curado..	118
GRÁFICO N° 45: Gráfico de Resistencia a la Tracción vs día de curado..	118
GRÁFICO N° 46: Progresión de resistencia a la tracción durante 28 días (kg/cm ²).....	119
GRÁFICO N° 47: Ensayo de Módulo de Elasticidad.....	120
GRÁFICO N° 48: Prismas listas para el registro de cambio de Longitud..	121
GRÁFICO N° 49: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.55.....	124
GRÁFICO N° 50: Cambio de longitud promedio, 28 días de curado – relación w/c = 0.55.....	124
GRÁFICO N° 51: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.55.....	127

GRÁFICO N° 52: Cambio de longitud promedio, sin curado – relación w/c = 0.55.....	127
GRÁFICO N° 53: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.55.....	129
GRÁFICO N° 54: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.60.....	132
GRÁFICO N° 55: Cambio de longitud promedio, 28 días de curado – relación w/c = 0.60.....	132
GRÁFICO N° 56: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.60.....	135
GRÁFICO N° 57: Cambio de longitud promedio, sin curado – relación w/c = 0.60.....	135
GRÁFICO N° 58: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.60.....	137
GRÁFICO N° 59: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.70.....	140
GRÁFICO N° 60: Cambio de longitud promedio, 28 días de curado – relación w/c = 0.70.....	140
GRÁFICO N° 61: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.70.....	143
GRÁFICO N° 62: Cambio de longitud promedio, sin curado – relación w/c = 0.70.....	143
GRÁFICO N° 63: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.70.....	145
GRÁFICO N° 64: Temperatura del ambiente de los prismas de concreto....	147
GRÁFICO N° 65: Humedad relativa del ambiente de los prismas de concreto.....	147

Resumen

Es frecuente en nuestro medio, encontrar en los diferentes proyectos, problemas de fisuración, problemas de tipo constructivo y de diseño estructural, derivados de los cambios volumétricos en el concreto, y que en muchos de los casos no son adecuadamente identificados y evaluados en cuanto a sus causas y trascendencia, originándose discrepancias técnicas y hasta de tipo legal por desconocimiento de los mecanismos que controlan estos comportamientos. Por lo tanto, todos los análisis de esta investigación, sobre el efecto de la relación agua/cemento y agregado fino, se refiere solo a estos parámetros referidos a la contracción. El problema general de la investigación es, ¿Cómo influye el uso del cemento Portland Tipo I en el control de cambio de longitud asociada a la contracción en el concreto cemento – arena en Iquitos 2021? El principal objetivo es estudiar el comportamiento del concreto cemento – arena utilizando cemento portland Tipo I para la medición de la contracción en Iquitos 2021.

Los primeros ensayos a realizar fueron los que determinan las propiedades físicas de los agregados; posteriormente se realizaron los diseños de mezcla para el concreto con tres diferentes relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70; finalmente se realizaron los ensayos en estado fresco y endurecido, resaltando los ensayos de contracción. Para el ensayo de contracción libre con curado y sin curado se usaron 10 moldes prismáticos de 75 x 75 x 285 mm. por cada relación w/c haciendo un total de 30 prismas de concreto cemento – arena para ser analizados. Los datos obtenidos se realizaron durante 28 días.

Se observaron que para las tres relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70, en los prismas sin curado existe contracción y los prismas con curado a 28 días existe expansión en las relaciones w/ de 0.55 y 0.60, mientras que en la relación w/c 0.70, existe contracción. Presentándose en la relación w/c = 0.55, mayor cambio de longitud. Por lo que el concreto cemento – arena, emplea un alto contenido de agua, es decir, utiliza más pasta que un

concreto convencional. De todo esto se concluye que a mayor relación w/c el cambio de longitud (contracción) será menor, de manera que la variable de agregado fino, el contenido de cemento y el contenido de agua tienen mucha influencia en el proceso de cambio de longitud en el concreto cemento – arena.

Palabras claves: Cemento portland tipo I, contracción del concreto, concreto cemento – arena, agregado fino marginal.

Abstract

It is common in our ambit, finding in different projects, problems of cracking, problems of constructive type and structural design due to the volumetric changes in the concrete, even in many cases the causes and transcendence are not identified and evaluated; producing technical discrepancies or legal type by ignorance of the mechanisms that control these behaviors. Therefore, all analyzes of this research, about the water / cement ratio and fine aggregate, refer only to these parameters referring to the shrinkage. The general problem of research is, how does the use of Type I Portland cement influence the length change control associated with shrinkage in concrete cement - sand in Iquitos 2021? The main objective is to study the behavior of concrete cement - sand using Type I Portland cement for the measurement of shrinkage in Iquitos 2021. The main objective is to study the behavior of concrete of cement-sand using Type I Portland cement for the measurement of the shrinkage in Iquitos 2021.

The first tests to be carried out were to determine the physical properties of the aggregates; Subsequently, mixing designs were performed for the concrete with three different W / C ratios of 0.55, 0.60, and 0.70; finally, we carried out fresh and hardened concrete tests, highlighting the shrinkage tests. For the free shrinkage test with curing and without curing 10 binoculars of 75 x 75 x 285 mm were used. For each w/c ratio, making a total of 30 concrete prisms - sand to be analyzed. The data obtained were carried out for 28 days.

It was observed that the w/c ratios of 0.55, 0.60, and 0.70, in the prisms without curing there is shrinkage and the prisms with 28 day curing there is an expansion in the w/c ratios of 0.55 and 0.60, while in the w/c ratio 0.70, there is shrinkage. Presenting in w/c ratio = 0.55, greater change in length. Therefore, cement-sand concrete uses a high water content, that is, it uses more paste than conventional concrete. From all this, it is concluded that

the higher the w/c ratio, the change in length (shrinkage) will be less so that the variable of fine aggregate, the content of cement, and the content of water have a great influence on the process of change in length in concrete of cement - sand.

Keywords: Type I Portland cement, concrete shrinkage, concrete of cement–sand, marginal fine aggregate.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio.

A nivel local tenemos los siguientes estudios:

A la fecha no tenemos información que se haya realizado algún estudio sobre contracción del concreto cemento – arena en nuestro medio, pero si se realizaron estudios respecto al diseño de mezcla de concreto liviano, teniendo investigaciones, además, con aditivos plastificantes reductores de agua para concreto cemento – arena. Teniendo en cuenta estos antecedentes de estudio el trabajo a investigar, consideramos que será una investigación innovadora para el estudio de la contracción cemento – arena en nuestra región.

Barba & García (2018), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú - UCP, denominada “Estudio exploratorio en diseño de mezclas del concreto cemento - arena liviano empleando agregado fino de la cantera km 20 carretera Iquitos a Nauta, distrito de San Juan Bautista, Iquitos 2020”, tuvo como materia principal encontrar diseños óptimos para la elaboración de concretos livianos: Espuma de concreto, Concreto liviano no estructural y Concreto estructural de baja densidad; a base de poliestireno expandido o arcilla expandida. Los cuales cumplan con las densidades y resistencia a la compresión establecidas por el “Portland Cement Association” para ser considerados concretos livianos. Los materiales involucrados en la elaboración del concreto liviano en la presente tesis, fueron: arena de la cantera Irina Gabriela, cemento Portland Tipo I, perla de poliestireno, arcilla expandida y aditivos como superplastificante e incorporador de aire. La investigación está dividida primordialmente en 3 partes: Características de los materiales; en el cual se encontraron las propiedades físicas de los agregados involucrados como agregado

fino, perla de poliestireno y arcilla expandida. Fase exploratoria; en el cual se realizaron diseños exploratorios al no existir antecedentes de investigación que involucraran los materiales con la arena de nuestra zona. En esta fase se encontraron las densidades del concreto en estado fresco y la resistencia a la compresión a los 28 días. Fase óptima; en esta fase se eligieron los diseños óptimos de la fase exploratoria; a los cuales se le realizaron ensayos al estado fresco y endurecido. Al obtener los resultados de la fase óptima, se pasó a la verificación de la hipótesis, el cual confirma la hipótesis planteada, encontrándose que, los concretos livianos: Espuma de concreto, Concreto liviano no estructural y Concreto estructural de baja densidad; cumplen con las densidades y resistencia a la compresión establecidas por el "Portland Cement Association". Del cual se confirma que la elaboración de concretos livianos con la arena de nuestra zona brinda una resistencia a la compresión aceptable.

Aching & del Castillo (2018), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú - UCP, denominada "Influencia del plastificante reductor de agua Sika – Cem en el concreto cemento – arena, Iquitos 2018", evalúa la influencia del aditivo SIKA-CEM PLASTIFICANTE en diferentes relaciones W/C aplicadas a obras civiles de la ciudad de Iquitos, debido a las altas temperaturas suele hacer perder humedad a la mezcla siendo este causante de la pérdida de trabajabilidad y resistencia por el constante vertido de agua. Los objetivos de esta tesis son: Analizar el concreto cemento – arena antes de agregar el plastificante reductor de agua Sika Cem; analizar el concreto cemento – arena después de agregar el plastificante reductor de agua Sika Cem y establecer la diferencia del concreto cemento – arena al comparar los resultados antes y después de agregar el plastificante reductor de agua Sika Cem. Para lograr los objetivos mencionados, se hizo pruebas de rotura de

especímenes (probetas) de concreto cemento-arena utilizando moldes de plástico de 4" de diámetro por 8" de longitud a los 3, 7, 14 y 28 días; llegando a realizarse 36 roturas con aditivo y sin aditivo por cada relación agua cemento (0.54, 0.58 y 0.62), teniendo 144 probetas patrón y 288 muestras en total en la cual se analizó la arena a utilizar, se obtuvo el slump, contenido de aire empleando la olla de Washington y la resistencia a la compresión del concreto cemento-arena en cada una de las muestras. Al realizar la comparación de slump, aire atrapado y resistencia a la compresión de las muestras analizadas se tiene como resultado que con plastificante el slump aumenta considerablemente, existe mayor contenido de aire y la resistencia también aumenta.

A nivel nacional tenemos los siguientes estudios:

Rodriguez Dávila, Pamela (2010) en su tesis denominada "Estudio del concreto con aditivo reductor de contracción, utilizando cemento Portland tipo I" En la presente tesis se estudia este problema y se realiza el análisis del concreto con un aditivo que ayudará a minimizar la contracción en el concreto. En la investigación se realizó diferentes ensayos que se efectuaron en el laboratorio de ensayos de materiales. En primer lugar, se analizó a los agregados obteniendo las propiedades físicas; segundo, se realizó el diseño de mezcla para el concreto patrón y para las tres dosificaciones de aditivo que fueron de 1%, 2.5% y 4% con respecto al peso del cemento; tercero, se realizaron los ensayos para la obtención de las propiedades en concreto fresco y endurecido, resaltando de este los ensayos de contracción. Para el análisis de la contracción en el concreto se realizaron dos ensayos; el primero para estimar tendencia a la fisuración por contracción restringida y el segundo, el ensayo, de cambio de longitud en concreto, donde en cada uno se analizó al concreto patrón y al concreto con aditivo en tres dosificaciones, y para cada tipo de concreto se estudió la influencia

del tiempo de curado en la contracción, siendo estos tiempos, un concreto no curado, un concreto curado durante 7 días y concreto curado durante 28 días. En el ensayo de cambio de longitud en concreto se realizaron las tomas de datos durante 3 meses, observándose que el concreto con 1 %, 2.5% y 4% de aditivo curado 28 días muestran las menores retracciones; y en el ensayo para estimar tendencia a la fisuración por contracción restringida los mejores resultados fueron del concreto con aditivo Sika Control 40 al 4%, ya que no presentó fisuración alguna tal concreto en ninguno de los diferentes tiempos de curado.

Palomino Badillo, Miguel Armando (2017), en su tesis denominada “Estudio del concreto con cemento Portland tipo IP y aditivo superplastificante” se enfocó en disminuir la contracción del concreto mediante el uso de un aditivo superplastificante y cemento portland tipo IP. Para el estudio y análisis del concreto se utilizaron agregado fino de la cantera de Jicamarca y agregado grueso de la cantera de La Gloria y a su vez aditivo CHEMA SÚPER PLAST y cemento QUISQUEYA USO GENERAL. Se realizaron diferentes ensayos en el laboratorio de ensayo de materiales. Los primeros ensayos a realizar fueron los que determinan las propiedades físicas de los agregados; posteriormente se realizaron los diseños de mezcla para el concreto patrón y para tres diferentes dosificaciones de aditivo que fueron de 0.5%, 1% y 2% con respecto al peso del cemento; finalmente se realizaron los ensayos en estado fresco y endurecido, resaltando los ensayos de contracción. En el análisis del fenómeno de contracción del concreto se realizaron dos ensayos; el primero para determinar el cambio de longitud en concreto, donde se realizaron análisis para concreto sin curar y concreto curado 28 días; el segundo para estimar la tendencia a la fisuración por contracción restringida, donde se realizaron análisis para concreto curado durante 7 días. Para ambos ensayos se analizó al concreto patrón y al concreto con aditivo en tres dosificaciones. Para el

ensayo de cambio de longitud en concreto se realizaron la toma de datos durante 28 días, observándose que para los cuatro tipos de concreto (concreto patrón, concreto con aditivo al 0.5%, 1% y 2%) curado 28 días presenta menores cambios de longitud que los concretos sin curar. Y en el ensayo para estimar la tendencia a la fisuración por contracción restringida, se observó que hay una reducción de fisuras con el uso del aditivo superplastificante.

Coila Ticona & Loayza Cahua (2015), en su tesis denominada “Influencia de la relación agua – cemento y el agregado fino en la retracción y/o contracción para concretos en Arequipa” concluyó que en los ensayos de retracción libre y retracción restringida se verificó que a mayor relación a/c la variable contracción libre y restringida, fue disminuyendo, para lo cual concluimos que la variable agregado fino es más influyente que la variable relación a/c.

A medida que se aumentó la relación a/c (disminuyendo el contenido de cemento) y se aumentó el contenido agregado fino (de 24% a 34%), la variable retracción del concreto disminuyó. En los anillos de retracción restringida con concretos de variable relación a/c menor (de 0.40 a 0.50) y variable contenido de agregado fino menor (de 24% a 29%), el indicador ancho de aparición de la primera fisura fue mayor en grosor, con un tiempo de aparición de 10 a 15 días y con una característica de aparición, en algunos anillos, de manera “explosiva”. Comparando los dos tipos de curado utilizados (curado sumergido por 7 días y curado 28 días al aire), los concretos con 7 días de curado sumergido inicial desarrollaron una mayor resistencia a la compresión en el momento de aparición de las fisuras.

Martínez Agurto, John Erick (2019), en su tesis denominada “Análisis de la contracción por secado de mortero de cemento portland, elaborado con residuos de concha negra” tiene como objetivo estudiar la influencia que tiene el uso de RCA (residuos de conchas de abanico) como agregado fino (arena) en la contracción

por secado de morteros. Adicionalmente, se evalúa el comportamiento del concreto tanto en estado fresco (fluidez y temperatura), como endurecido (resistencia a la compresión). Cabe resaltar que, en el estado endurecido, solo se evalúa la resistencia a la compresión de cada tipo de mortero puesto que no es el enfoque de la investigación analizar las propiedades físicas, sino las propiedades de durabilidad como es el fenómeno de contracción. Con tal fin, se utilizaron morteros con reemplazos de agregado fino en peso por ARG o RCA en 10 y 60 por ciento. Asimismo, se produjo un mortero con 0 por ciento de reemplazo llamado mortero patrón. Por lo que, se evaluó la contracción en cada mortero para determinar la influencia del RCA en el mismo. Los resultados de este estudio indican que el 10% de reemplazo de RCA por agregado fino, puede ser capaz de controlar la contracción y así mejorar su durabilidad. La investigación destaca que la posibilidad de usar los residuos de moluscos, conchas de abanico, etc. podría reducir el impacto ambiental y ayudar a reducir la explotación de canteras naturales para agregados en concretos o morteros.

Castillo Ninatanta, José Luis (2019), en su tesis denominada “Factores intrínsecos del concreto premezclado que producen la fisuración en su proceso de fraguado” se analizó la influencia del aditivo Plastiment TM 31 y TM 12 sobre la fisuración del concreto premezclado durante su proceso de fraguado. Para ello se diseñaron dosificaciones de mezcla, con diferentes porcentajes de aditivo y relación agua cemento en función de la mezcla comúnmente utilizada en el vaciado de losas y techos ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$). El propósito del estudio es evaluar si el contenido en exceso de los aditivos o del cemento producen la fisuración del concreto premezclado. Se evaluaron diferentes especímenes para estudiar la fisuración en moldes tipo anillo y panel rectangular, además se determinaron las propiedades físicas para cada dosificación, tanto

en su estado fresco como endurecido, de esta manera se sugiere una dosificación óptima para la adición de aditivos reductores de agua y retardantes de fragua, utilizados en el concreto premezclado. La investigación es de tipo experimental, y tuvo una población estadística de 60 muestras, para evaluar la propiedad de fisuración. En cuanto a los resultados se observó que el asentamiento del concreto aumenta con la adición de aditivos, además el peso unitario disminuye ligeramente con la dosificación de aditivos. Finalmente, se puede reducir las fisuras por contracción plástica del concreto premezclado de manera eficaz añadiendo solamente hasta un 0.9% de aditivo superplastificante y 0.3% de aditivo retardante de fragua, tanto para dosificaciones con relación agua cemento de 0.52, 0.57 y 0,62.

Carbajal & Portocarrero (2020), en su tesis denominada “Estudio comparativo de la fisuración del concreto por retracción plástica con aditivos incorporadores de aire vs. Fibras de polipropileno” se evalúa y compara el comportamiento del concreto con resistencia $f'c = 280$ Kg/cm² frente a la fisuración por retracción plástica al incorporarle fibras de polipropileno y aditivo incorporador de aire inicialmente usando el método ASTM C1579 utilizando la cámara de condiciones controladas a temperatura, velocidad de viento y porcentaje de humedad controlado y adecuado a un promedio de valores de tres diferentes estaciones meteorológicas de la ciudad de Arequipa (Chiguata, Huasacache, La Pampilla) con datos promedio desde el 2011 hasta el 2016, para ellos se usaron tres valores promedio $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, velocidad del viento $4\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$, y la humedad relativa $60\% \pm 4$, al no presentar fisuración por haberse creado un microclima que evitó la fisuración en la cámara de condiciones controladas se decidió proceder a exponer los paneles rectangulares a la intemperie siendo las horas de vaciado temperaturas bajas y altas durante el día en el clima de Arequipa para estudiar la fisuración por

contracción plástica inducida en el concreto haciendo una modificación a la ASTM C1579. A la vez se compara los resultados obtenidos de ambos aditivos frente al fisuramiento por contracción plástica y se determina la dosificación adecuada de microfibras de polipropileno y de incorporador de aire que se debe adicionar en $f'c=280\text{Kg/cm}^2$ que minimice el efecto de la contracción plástica.

A nivel internacional tenemos los siguientes estudios:

Cárcamo Gil & Mancilla Valero (2014) en su trabajo de grado denominado “Determinación de la curva inicial de retracción de fraguado de concretos elaborados utilizando adición de ceniza volante” se obtuvieron curvas promedio de las probetas según contenido de ceniza, en las cuales se puede observar que las probetas con menor contenido de ceniza, muestran menores valores de retracción, es decir que el contenido de ceniza afecta la retracción, incrementándola. Las curvas promedio de las probetas según la relación agua cemento, muestran que las probetas con menor relación tienen mayores valores de retracción inicial, contrario a lo que refieren las normas. Los resultados según el contenido de ceniza, de 0%, 5% y 10%, y las curvas iniciales obtenidas para las normas CEB-FIP y ACI, muestran que los valores medidos son apenas una fracción de los calculados según las normas. La tendencia en las probetas de 0% y 5% de ceniza muestra que el valor a tiempo infinito no llegará a $2 \cdot 10^{-4}$, valor establecido en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

Munizaga Román, Gloria Andrea (2009), en su tesis denominada “Fisuración por retracción en hormigones: influencia del tipo de cemento” concluyó que la incorporación de puzolana en el cemento no favorece la retención del agua de amasado de las probetas de hormigón cuando éstas son expuestas a condiciones de secado. La mayor porosidad total que presentan los hormigones confeccionados con cementos de alta adición puzolánica y la

elevada pérdida de agua de dichos hormigones durante los primeros días de exposición a condiciones de secado, podrían explicar las variaciones significativas de longitud que muestran las probetas ensayadas a retracción libre. Sin embargo, en algunos casos los cementos puzolánicos pueden desarrollar en el largo plazo retracciones de longitud comparativamente igual o menor a la alcanzada por el cemento portland.

En cuanto a la influencia de la relación agua/cemento se aprecia en la mayoría de los ensayos de retracción no hubo una gran diferencia entre los resultados con distintas relaciones de agua/cemento, este comportamiento puede ser por dos motivos, uno es que realmente no influye mucho este factor o también puede ser que las relaciones de agua/cemento estudiadas son muy cercanas en cuanto a su valor.

En base a todos los resultados obtenidos en los diferentes ensayos se puede concluir que el comportamiento de los hormigones confeccionados con cementos de laboratorio fue distinto al comportamiento del hormigón confeccionado con el cemento portland puro, como la única diferencia entre estos cementos es la adición de puzolana. Podemos decir que la puzolana influye directamente en los cambios físicos y químicos del hormigón confeccionado con determinado cemento. Por lo tanto, en los hormigones la adición puzolánica influye en la fisuración por retracción, dado que los hormigones confeccionados con el cemento puzolánico presentan una retracción de hasta un 70% más de ancho de fisura que los hormigones confeccionados con cemento portland. Con esto se cumple el objetivo principal de esta investigación que era determinar la influencia de la puzolana en la fisuración por retracción que experimentan hormigones fabricados con distintos cementos.

1.2. Bases teóricas.

1.2.1. EL CONCRETO

El concreto (hormigón) es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. Otros materiales cementosos (cementantes) y adiciones minerales se pueden incluir en la pasta. (Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004)

El concreto es un producto o masa conformada por un medio aglutinador. Generalmente, este medio es el producto de la reacción entre cemento hidráulico y agua. Sin embargo, hoy día esta definición abarca una amplia gama de productos; hay concretos hechos con diferentes tipos de cemento: puzolana, ceniza, escoria de alto horno, aditivo dosificado, sulfuro, ingredientes para mezcla, polímeros y fibras, entre otros. Además, esos concretos pueden ser calentados, calentados al vapor, en autoclaves tratados al vacío, comprimidos hidráulicamente, son sometidos a choques y vibraciones, forzados a presión y pulverizados. (A.M & J.J, 1998)

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo (RIVVA LÓPEZ, 2013)

1.2.2. CONTRACCIÓN DEL CONCRETO

La retracción ha sido apuntada como una de las propiedades más significativas en la fisuración. Son muchas las variables que influyen en la retracción, y pueden ser separadas en dos grupos: en lo relacionado a la composición de la mezcla y en lo relacionado a la condición de exposición. Las variables más influyentes en relación a la composición de la mezcla son la relación a/c y el volumen de pasta. Ya en cuanto a la condición de exposición tenemos el período de curado, la humedad relativa del ambiente, temperatura, relación superficie/volumen, grado de restricción y viento (YUAN, Cement and Concrete Research, 2003).

Shetty (2005), en su definición describe a la contracción como el cambio de volumen en el concreto o mortero debido a la pérdida de humedad en diferentes etapas, debido a diferentes razones. Así mismo la Cement and Concrete Association of Australia (2002), explica el mecanismo de la contracción: Cuando el concreto es expuesto a su ambiente de servicio tiende a alcanzar un equilibrio con ese ambiente. Si el medio ambiente es una atmósfera seca, la superficie expuesta del concreto pierde agua por evaporación. La velocidad de evaporación dependerá de la humedad relativa, la temperatura, la relación agua-cemento y el área de la superficie expuesta del concreto.

La contracción en el concreto es una propiedad inherente que se da desde el estado fresco y a lo largo de los años. La reducción de volumen de una estructura de concreto es conocida como la contracción del concreto, ocasionado por fenómenos distintos a los de las cargas; el concreto puede sufrir contracciones cuando se somete a un proceso de

secado y sufrir dilataciones cuando el proceso de endurecimiento lo hace en el agua. La contracción en el concreto trae consigo la fisuración en el concreto y esto es perjudicial; la fisuración es ocasionada por esfuerzos de tracción, inducido por los cambios dimensionales en estado fresco y endurecido. Todo esto trae problemas sobre la continuidad, durabilidad, vida de servicio de las estructuras y estética.

El conocimiento de las características de la contracción del concreto es un punto de partida necesario en el diseño de estructuras para el control del problema de fisuración. Tal conocimiento permitirá al diseñador estimar el probable movimiento por contracción en el concreto y podrá tomar los pasos apropiados en el diseño para acomodar este movimiento. Cuando el concreto es expuesto a su ambiente de servicio tiende a alcanzar un equilibrio con ese ambiente. Si el medio ambiente es una atmósfera seca, la superficie expuesta del concreto pierde agua por evaporación. La velocidad de evaporación dependerá de la humedad relativa, la temperatura, la relación agua-cemento y el área de la superficie expuesta del concreto. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2006, p.30)

1.2.3. TIPOS DE CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO

La contracción puede darse por diferentes factores y en las distintas etapas del concreto; sea fresco, en su etapa de fraguado y concreto endurecido, por eso es importante reconocer cuando sucede la contracción y la posible fisura a generarse.

1.2.3.1. EN ESTADO FRESCO

El concreto fresco es como una suspensión concentrada formada por una pasta cementicia compuesta por cemento portland y agua, mezclada con agregado fino y grueso. Todo este material luego de ser colocado y compactado experimenta la tendencia de que el agregado grueso se separe del mortero, a esta propiedad se le conoce como segregación, esto a su vez conlleva al desplazamiento del agua de mezclado a la superficie superior, el cual se le conoce como exudación.

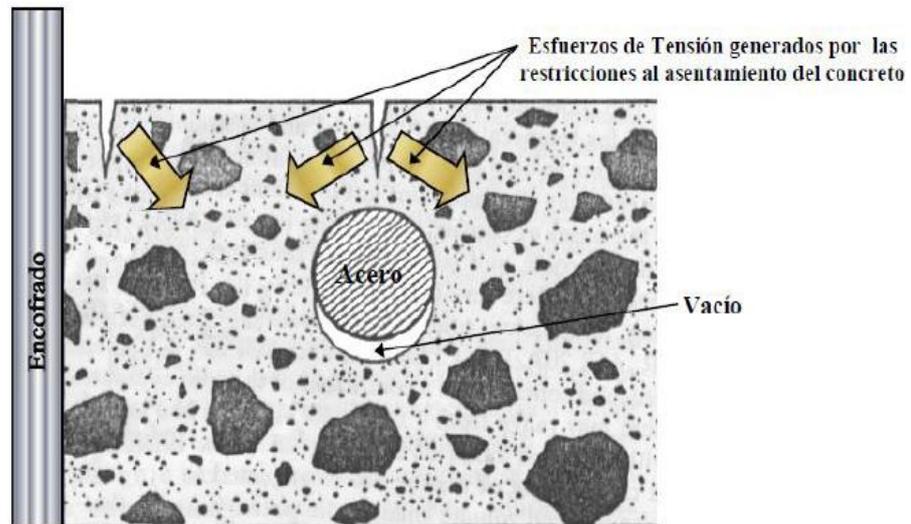
1.2.3.1.1. ASENTAMIENTO PLÁSTICO

Una vez que el concreto fresco ha sido colocado en la obra, los sólidos de la mezcla tienden a asentarse por efecto de la gravedad, desplazando los elementos menos densos como el agua y el aire atrapado; el agua aparece en la superficie como agua de exudación y el asentamiento continúa hasta que el concreto se endurece (Sánchez de Guzmán, 2001)

El asentamiento plástico se da cuando por la evaporación del agua de exudación de la superficie, que ocurre cuando la velocidad de la exudación es mayor que la velocidad de evaporación.

El asentamiento plástico tiene mayor frecuencia en elementos con mayor espesor como vigas, tabiques y columnas, aunque en casos extremos también se presenta en losas y estructuras laminares. Finalmente, lo que genera el asentamiento plástico son pérdidas de apoyo, agrietamiento y pérdidas de continuidad. En el gráfico N°01 se muestra la dirección de los esfuerzos de tracción que se forman por el asentamiento plástico.

GRÁFICO N° 01: Fisuras por Asentamiento Plástico



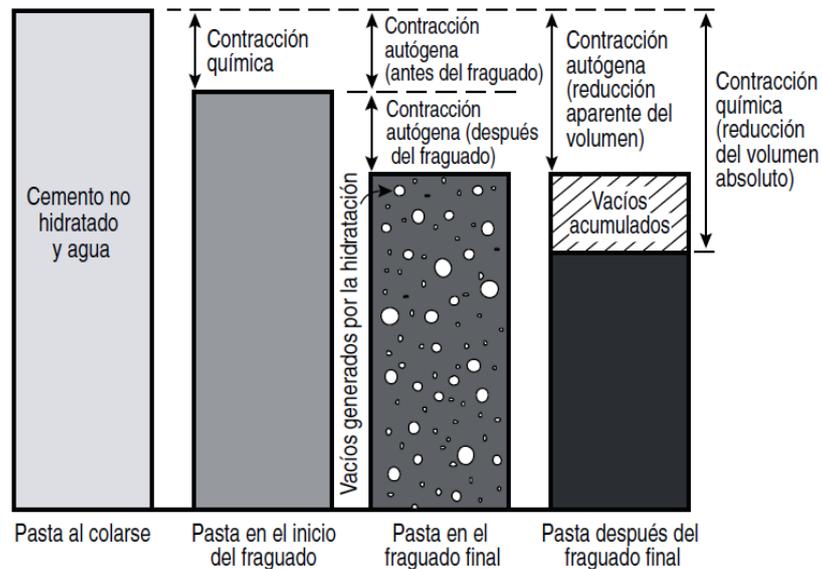
FUENTE: Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano de la República de El Salvador.

1.2.3.1.2. CONTRACCIÓN QUÍMICA

La contracción química se refiere a la reducción en el volumen absoluto de sólidos y líquidos de la pasta, resultante de la hidratación del concreto. El volumen absoluto de los productos hidratados del cemento es menor que el del cemento y del agua antes de la hidratación. Este cambio del volumen de las pastas de cemento en el estado plástico se representa por las dos primeras barras del gráfico N° 02. No están incluidas las burbujas de aire del mezclado.

La retracción química continúa a ocurrir en una escala microscópica, mientras que el cemento se hidrata. Después del fraguado inicial, la pasta no se puede deformar tanto cuanto en el estado plástico. Por lo tanto, se compensan la hidratación y la contracción química adicionales con la formación de vacíos en la micro estructura.

GRÁFICO N° 02: Cambios de Volumen por Contracción Química y Contracción Autógena de pasta fresca y endurecida. Sin Escala

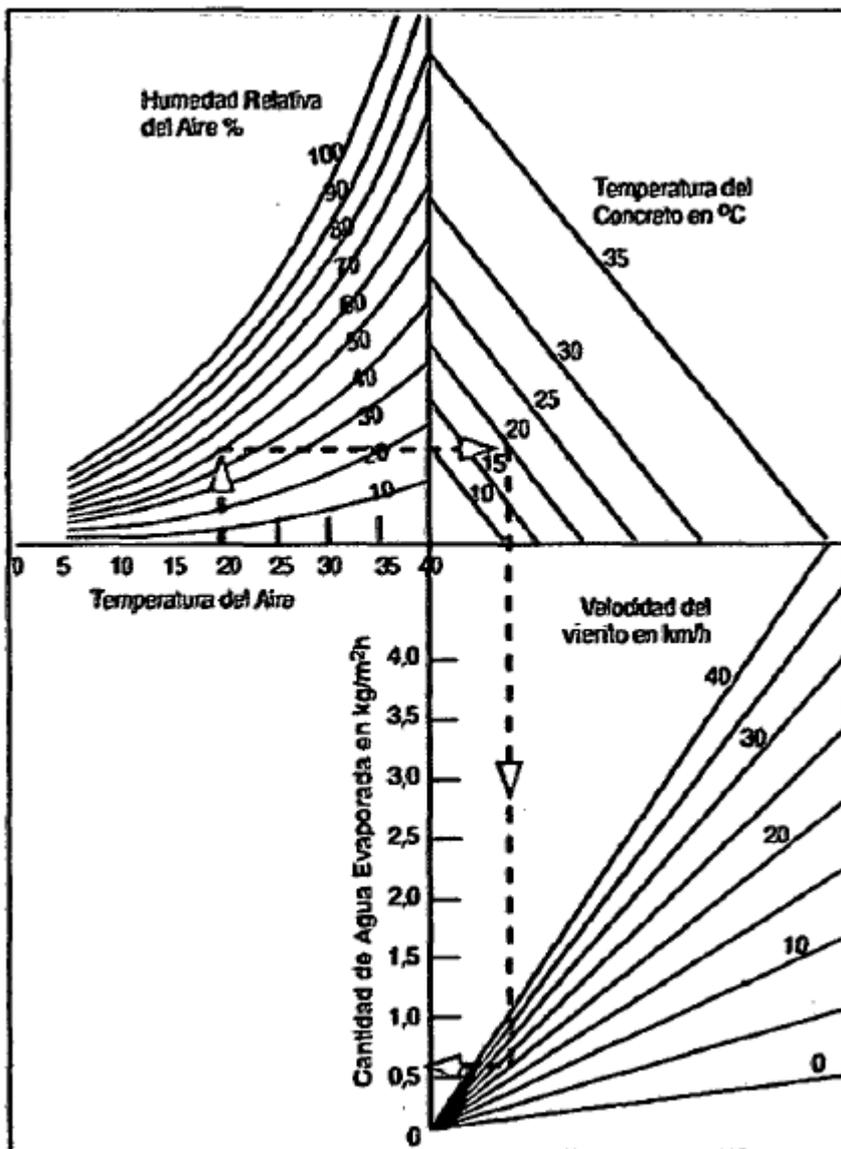


FUENTE: Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004

1.2.3.1.3. CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Esta contracción se da en elementos planos como en el caso de losas de estructura, de pavimento o pisos, en donde una dirección resulta poco significativa respecto a las otras. Estos elementos planos al estar sometidos a condiciones atmosféricas tales que favorezcan la rápida evaporación del agua superficial (velocidad de exudación menor que la velocidad evaporación), sufren una contracción diferencial que genera fisuras cortas y de poca profundidad. A pesar que el interior del concreto restringe la contracción, se desarrollan esfuerzos de tracción que exceden la resistencia del concreto, lo cual origina fisuras en la superficie. Para calcular la pérdida de agua por evaporación superficial se muestra en el gráfico N° 03.

GRÁFICO N° 03: Nomograma basado en la fórmula de Menzel



FUENTE: Comité ACI 305, R-77

Los cambios volumétricos que generalmente se presentan en superficies horizontales mientras el concreto aún está fresco, recibe el nombre de contracción plástica y por lo común generan grietas que aparecen brevemente después de que el brillo del agua desaparece de la superficie del concreto y una vez que comienza se extienden rápidamente. Este tipo de grieta es más probable que ocurra en clima caliente y seco que en clima húmedo y frío, pues la principal razón de que se

presentan grietas por contracción plástica, es la evaporación rápida del agua de la superficie del concreto (Sánchez Guzmán,2001)

Según (Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004) Contracción plástica se refiere a los cambios que ocurren mientras el concreto aún está en estado fresco, antes de endurecerse. Normalmente, se presenta en la forma de fisuras por contracción plástica, que ocurren antes o durante el acabado (Gráfico N°04). Las grietas frecuentemente se parecen a rasgaduras en la superficie. La contracción plástica resulta de la combinación de las retracciones química y autógena y la rápida evaporación de la humedad de la superficie, superando la tasa de sangrado (exudación). La contracción plástica se puede controlar con la disminución de la evaporación de la superficie a través del uso de rociado, rompe vientos, sombreado, cubiertas de láminas de plástico, arpillera húmeda, auxiliares de acabado aerosol (retardadores de evaporación) y fibras plásticas.

GRÁFICO N°04: Fisuras por Contracción Plástica en el concreto fresco



FUENTE: Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004

Este fenómeno se produce por la pérdida de humedad de la pasta debido a la acción de agentes externos como son la temperatura, viento, humedad relativa, etc. que propician la evaporación del agua y secado.

El mecanismo es físico, causado por la pérdida primero del agua contenida en los poros capilares, cuyo efecto es despreciable en términos prácticos y luego por la evaporación del agua de absorción contenida en los poros de gel. Mantenido por fuerzas electroquímicas en la superficie de las partículas y con propiedades físicas sustancialmente diferentes de las del agua de absorción de los poros capilares, es esta agua de absorción de los poros del gel y su evaporación, la responsable del fenómeno de la contracción por secado. (Pasquel, 1993, pp. 237-238)

1.2.3.2. EN ESTADO ENDURECIDO

1.2.3.2.1. CONTRACCIÓN AUTÓGENA

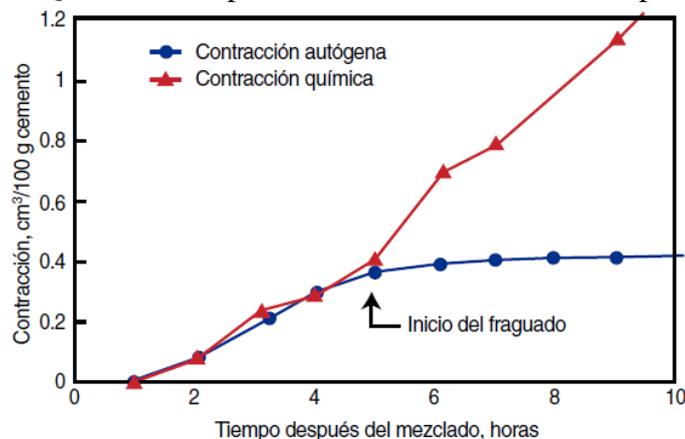
La contracción autógena se produce por la hidratación del cemento, esta hidratación “es la que constituye la verdadera contracción del fraguado” (ACI Committee 209, 1992), y es causado por la “pérdida” de agua, que en realidad pasa a formar otro compuesto después de la hidratación del cemento y “excepto en las estructuras de concreto masivo, no se distingue de la retracción del concreto endurecido debido a la pérdida de agua hacia el exterior” (Neville, 1977).

Es difícil medir la contracción autógena, debido a que, sucede inmediatamente después que se junta el cemento con el agua y el proceso de hidratación comienza rápidamente,

“afortunadamente los efectos de la contracción autógena se ven disminuidos por los efectos de la contracción por secado, a menos que sea muy baja la relación agua/cemento del concreto, por lo menos menor a 0.30” (Neville,1977)

La contracción autógena es la reducción macroscópica del volumen (cambio dimensional visible) de la pasta de cemento, mortero o concreto, causada por la hidratación del cemento. La reducción macroscópica del volumen de la contracción autógena es mucho menor que la reducción del volumen absoluto de la contracción química, debido a la rigidez de la estructura de la pasta endurecida. La contracción química es la fuerza que conduce a la retracción autógena. La relación entre contracción autógena y retracción química se presenta en el gráfico N°02 y N°05. Algunos investigadores y organizaciones consideran que la contracción autógena empieza con el inicio del fraguado y otros la evalúan desde el momento de la colocación (colado) del concreto. (Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004)

GRÁFICO N°05: Relación entre Contracción Autógena y Contracción Química de la pasta de cemento en edades tempranas.



FUENTE: Hammer 1999, Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004

1.2.3.2.2. CONTRACCIÓN POR CARBONATACIÓN

El concreto endurecido que contiene alguna humedad reacciona con el dióxido de carbono del aire y esta reacción resulta en una pequeña contracción de la pasta de la superficie del concreto. Sin embargo, la carbonatación también reduce el pH del concreto y si hay acero en el área carbonatada, puede suceder corrosión de la armadura resultante de la ausencia de la película protectora de óxido, fornecida por el pH elevado del concreto. La oxidación (formación de herrumbre) es una reacción expansiva que resulta en agrietamiento y descascaramiento. La profundidad de la carbonatación es muy superficial en concretos densos de alta calidad, pero puede penetrar una gran profundidad en concretos porosos y de baja calidad. (Portland Cement Association, Diseño y control de mezclas de concreto, 2004)

Es un fenómeno que se produce exclusivamente en el concreto endurecido, y es causado por la reacción de los cristales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de los productos de hidratación del cemento comprimidos por la contracción de secado, con el CO_2 del ambiente formándose CaCO_3 con una reducción del volumen inicial que causa una descompresión interna y contracción adicional. La humedad durante la exposición al Dióxido de Carbono es el factor principal que influye en la contracción por carbonatación, verificándose experimentalmente que los mayores valores se producen para humedades relativas del orden del 50%, mientras que es despreciable para humedades relativas cercanas al 100% o por debajo del 25%.

Esta reacción se produce aún para bajas concentraciones de CO_2 , siendo más trascendente su efecto a nivel de laboratorio

en que el tamaño de los especímenes favorece la contracción, o en el caso de estructuras que están sometidas a condiciones de exposición muy saturadas de CO₂ como suele ocurrir en ciertas instalaciones industriales. (Pasquel, 1993, pp. 250-251).

1.2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO

A continuación, se presenta los factores internos: cementos, agregados y contenido de agua; y factores externos: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento que influyen en la contracción del concreto.

1.2.4.1. FACTORES INTERNOS

1.2.4.1.1. Cementos

Los cementos son en gran medida los responsables de la contracción del concreto, su finura y su contenido de yeso en la composición, influyen en marcar las diferencias en contracción por secado entre los diferentes tipos de cemento.

Existen pruebas, que indican que cuanto más fino es el cemento, se necesita más agua de mezclado y pierde menos al secarse; el motivo de esto es debido a la mayor proporción de granos activos dejando menos agua libre para que se evapore.

Existen estudios, que indican que no es posible a priori aseverar que un cemento que cumple con los requerimientos standard para un tipo de cemento Portland tendrá mayor o menor contracción que otro cemento que cumple con requisitos diferentes. Sin embargo, otros

investigadores, han establecido tendencias que indican que en general los cementos Tipo II producen menor contracción que los Tipo I y mucho menor aún que los tipos III. (Pasquel, 1993, pp. 243-244)

El contenido de álcali de los cementos puede reaccionar con agregados reactivos, formándose un gel que absorbe agua, se dilata y genera presiones internas que fisuran el concreto.

1.2.4.1.2. **Agregados**

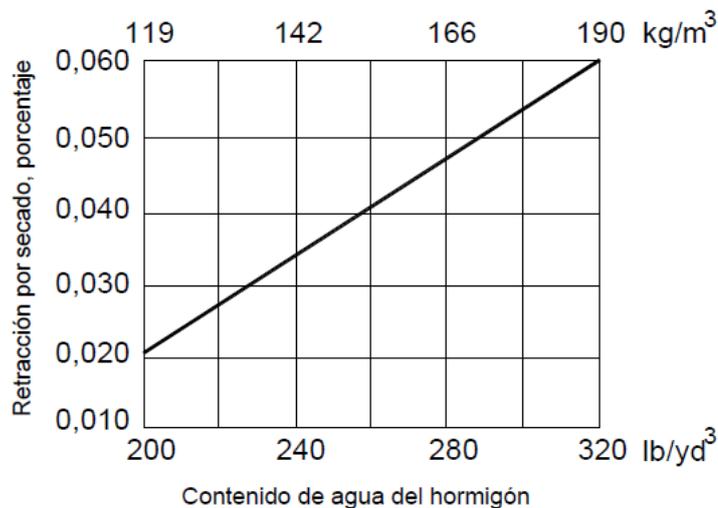
Las características del agregado fino y grueso son de suma importancia ya que tienen una enorme influencia en la contracción del concreto, si se considera que la piedra y la arena con la pasta de cemento constituyen una estructura mixta.

La presencia de agregados en el concreto reduce la contracción total proveyendo una restricción elástica a la contracción de la pasta. Sin embargo, la contracción del concreto no sólo está relacionada con el contenido relativo de agregados; hay otro efecto debido a la relación entre el módulo de elasticidad del agregado y el de la pasta hidratada. Cuando se utilizan agregados de alta calidad, los cuales se caracterizan principalmente por su baja capacidad de absorción, se obtienen concreto con baja contracción. (Control de Fisuración en Estructuras de Hormigón informado por el Comité ACI 224, 2001, p.14)

1.2.4.1.3. Contenido de agua

La consistencia, medida mediante el ensayo de asentamiento, es un parámetro importante para dosificar el concreto. La cantidad de agua de amasado necesaria para lograr un determinado asentamiento depende del tamaño máximo del agregado usado porque el tamaño máximo afecta el área superficial total de agregado que es necesario cubrir con pasta cementicia. Al disminuir el tamaño máximo del agregado, aumenta el área superficial total a cubrir con la pasta. Por lo tanto, se necesita más agua y cemento para lograr un asentamiento dado. Para una misma relación a/c, la contracción del concreto aumenta a medida que aumenta el contenido de agua, porque aumenta el volumen de pasta. (Control de Fisuración en Estructuras de Hormigón informado por el Comité ACI 224, 2001, p.15). En el gráfico N°06 se muestra la relación del contenido de agua del concreto con la retracción por secado, representado en porcentaje.

GRÁFICO N°06: Efecto típico del contenido de agua del concreto sobre la contracción por secado



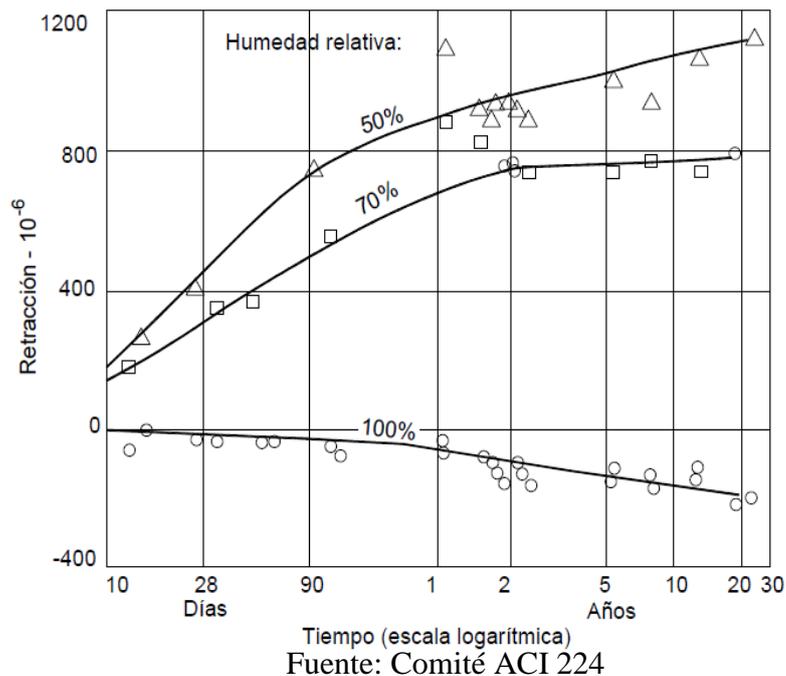
Fuente: Comité ACI 224

1.2.4.2. FACTORES EXTERNOS

1.2.4.2.1. Temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Estos factores afectan la pérdida de humedad en la superficie del concreto. El aumento de la temperatura hace que la velocidad de evaporación aumente también. “La humedad relativa tiene una gran influencia sobre la retracción última y la velocidad de retracción. Los resultados de los trabajos de Troxell, Raphael y Davis (1958) mostraron que cuanto menor era la humedad relativa, mayor era la retracción última y la velocidad de retracción” (Control de Fisuración en Estructuras de Hormigón informado por el Comité ACI 224, 2001, p.14). En el gráfico N°07 se muestra la relación de la retracción a medida que aumentan los días, pero para tres diferentes humedades relativas (50%, 70% y 100%).

GRÁFICO N°07: Relaciones entre la retracción y el tiempo para concretos almacenados a diferentes humedades relativas



1.2.4.2.2. Geometría del elemento

El tamaño y la forma del miembro de concreto y la porosidad de la pasta cementicia afectan la velocidad de secado del concreto y, por lo tanto, afectan la velocidad de retracción. La forma afecta la relación entre el área superficial y el volumen del miembro, y una mayor relación produce una mayor velocidad de secado. (Control de Fisuración en Estructuras de Hormigón informado por el Comité ACI 224, 2001, p.16)

Un aspecto muy importante del efecto dimensional en la retracción es que los resultados de las pruebas de laboratorio son mayores que los obtenidos en las estructuras in situ, por lo que deben tomarse estos resultados con mucho cuidado cuando se trate de extrapolarlos cuantitativamente a escala natural.

1.2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A EMPLEAR

1.2.5.1. Cemento Portland Tipo I

El cemento es una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Se obtiene a partir de la fusión parcial y combinación en proporciones convenientes de materias primas que sean ricas de cal, sílice y alúmina. Estos materiales se encuentran en su estado natural bajo la forma de calizas y arcillas que se explotan de canteras.

Las características químicas y físicas del cemento portland Tipo I (Sol) se indican en las tablas N° 01 y N° 02.

TABLA N° 01: Requisitos químicos para el Cemento Portland Tipo I

Composición química	Tipo I
Dióxido de Silicio, (SiO ₂), %, mín.	-
Óxido de Aluminio, (Al ₂ O ₃), %, máx.	-
Óxido Férrico, (Fe ₂ O ₃), %, máx.	-
Óxido de Magnesio, (MgO), %, máx.	6,0
Trióxido de Azufre, (SO ₃) %, máx.	
Cuando (C ₃ A) ≤ 8%	3,0
Cuando (C ₃ A) > 8%	3,5
Pérdida por Ignición, %, máx	3,0
Residuo Insoluble, %, máx.	0,75
Silicato Tricálcico, (C ₃ S), %, máx.	-
Silicato Dicálcico, (C ₂ S), %, mín.	-
Aluminato Tricálcico (C ₃ A), %, máx.	-
Alumino-ferrito tetracálcico, más dos veces el	-
Aluminato Tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)) o solución sólida,	
(C ₄ AF+C ₂ F), % máx.	

TABLA N° 02: Características físicas del Cemento Portland Tipo I (Sol)

Ensayos físicos	Valores
Retenida malla 100 (%)	0,16
malla 200 (%)	0,88
malla 325 (%)	6,60
Superficie específica Blaine (m ² /kg)	325
Contenido de aire (%)	5,98
Expansión autoclave (%)	0,11
Densidad (g/cm ³)	3,13
Fraguado Vicat Inicial (min)	130
Fraguado Vicat Final (min)	293
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
24 hrs	155
3 días	259
7 días	319
28 días	389

1.2.5.2. Agregado Fino

Material, proveniente de la desintegración natural (arena natural) o artificial (manufacturada) de las rocas, que pasa al Tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (74µm), como se indica en la Norma Técnica Peruana 400.011. El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma Técnica NTP 400.037, en concordancia con la Norma ASTM C-33, que recomiendan que la granulometría se encuentre dentro de los límites que se indican en la tabla de límites granulométricos correspondiente.

1.2.5.2.1. Granulometría del agregado fino: (NTP 400.012)

Ésta se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de granos de arena del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 de la serie Tyler; correspondiendo a la fracción que pasa la N° 200 la que tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, por afectar a la resistencia. La granulometría deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas entre la N° 4 y la 100 de la serie Tyler; y, no debiéndose retener más del 45 % en dos tamices consecutivos cualesquiera.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, especialmente de la granulometría y otras características de la arena; y, como no se puede modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal, entonces, se dirige al control de su homogeneidad (ARI, 2002). El ensayo de granulometría del agregado fino se

efectuará bajo la Norma Técnica NTP 400.012. Los límites de distribución granulométrica según la Norma Técnica NTP 400.037 y la Norma ASTM C – 33, se muestra en la tabla siguiente:

TABLA N°03: Límites granulométricos según normas NTP 400.037

Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 – in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	5 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma NTP-2014

1.2.5.2.2. Módulo de finura: (NTP 400.011)

Índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena; se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Según la Norma Técnica NTP.400.011 se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la interpretación del módulo de finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia; además, la norma establece que la arena debe tener un Módulo de Finura no menor de 2.35 ni mayor que 3.15 (Ari, 2002). Según la Norma Técnica NTP 400.011, se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3 y 3.1, donde un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media y más de 3.0 una

arena gruesa. De acuerdo a la ASOCCEM, en la apreciación del módulo de finura, se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (BENITES ESPINOZA, 2011).

Superficie específica

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado fino por unidad de peso; en su determinación se consideran dos supuestos: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

$$Se = \frac{0.06}{p} \sum_{i=1}^n \frac{Pi}{di}$$

donde:

Se = Superficie específica (cm² / g)

Pi = Porcentaje retenido en el tamiz i

di = Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i (cm)

P = Peso específico del agregado

1.2.5.2.3. Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018)

Material constituido por arcilla y limo que se presenta recubriendo el agregado grueso o en forma de partículas sueltas mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla; en consecuencia, el ensayo permite determinar, en porcentaje, la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado pétreo.

La ASTM C-117 establece límites para las sustancias perjudiciales; así, por ejemplo, con relación al material más fino que pasa la malla N° 200 indica que éste tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, afectando la resistencia; por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación agua/cemento y/o optimizando la granulometría (BENITES ESPINOZA, 2011).

La Norma Técnica NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

donde:

A = % que pasa el tamiz N.º 200

P₁ = Peso de la muestra (g)

P₂ = Peso de la muestra lavada y secada (g)

1.2.5.2.4. Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566)

Diferencia entre el peso del agregado fino natural y el peso del agregado secado en horno a 100 - 110 °C por un periodo

de 24 horas, multiplicado por 100. Físicamente es la cantidad de agua que contiene el agregado fino.

$$H = \frac{A - B}{B} * 100$$

donde:

H = Contenido de humedad (%)

A = Peso de la muestra húmeda (g)

B = Peso de la muestra seca (g)

1.2.5.2.5. Peso específico y absorción: (NTP 400.022), (ASTM-128)

El peso específico, gravedad específica o densidad real es la relación entre el peso del material y su volumen. Su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. El peso específico de las arenas varía entre 2.5 y 2.7 g/cm³; las arenas húmedas con igual volumen aparente, pesan menos que las secas debido a que recubren de una película de agua que la hace ocupar mayor volumen. El volumen de huecos de una arena natural oscila entre un mínimo de 26% para las arenas de granos uniformes y hasta de 55% para las de granos finos (BENITES ESPINOZA, 2011).

Peso específico: Puesto que el agregado, tanto permeable como impermeable, suele contener poros será necesario definir con mucho cuidado el significado del término peso específico, existen varios tipos de peso específico.

Peso específico de masa seca: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un

volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(V - W)}$$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Peso específico de masa saturado superficialmente seco:

Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$P.E.M.S.S.S = \frac{500}{(V - W)}$$

donde:

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Peso específico aparente: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

donde:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

Porcentaje de absorción:

Es la cantidad de agua total que el agregado puede absorber de la condición seca a la condición saturado superficialmente seco en relación al peso de la muestra seca y es expresado en porcentaje. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, por lo que es necesario tenerlo siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{(500 - A)}{A} * 100$$

donde:

A = Peso de la arena seca (g)

Equipo y accesorios:

- Balanza con sensibilidad de 0,1 g o menos y con capacidad de 1 kg o más.
- Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,10 cm³ a 20 °C.
- Molde cónico, metálico, de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.

- Barra compactadora, de metal de 340 g \pm 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C \pm 5 ° C.
- Termómetro, con aproximación a 0,5 °C.

Preparación de la muestra:

- Se coloca aproximadamente 1000 g de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado.
- Se seca la muestra a 110 °C + 5 °C hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0,1 %.
- Se cubre la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 h.
- Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- Se coloca el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra compactadora y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.

Procedimiento:

- Se introduce en el frasco una muestra de 500 g del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ a una temperatura de 23 °C ± 2 °C.
- Luego se hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después de lo cual se coloca en un baño a temperatura constante, de 23 °C ± 2 °C.
- Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³, y se determina el peso total del agua introducida en el frasco, con aproximación de 0,1 g.
- Se saca el agregado fino del frasco, se seca hasta peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1½ h y se pesa.

1.2.5.2.6. Peso unitario: (NTP 400.017), (ASTM C-29)

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³. Su valor depende de condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría y contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

Equipo y Accesorios

- Balanza sensible al 0,1 % del peso de la muestra que se va a ensayar.

- Recipiente cilíndrico de metal y 1/10 ps³ de capacidad.
- Barra compactadora de acero, lisa de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Pala, badilejo y regla.

Calibración del recipiente:

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7 °C. Para cualquier unidad el factor "f" se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7 °C (1000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7 °C necesario para llenar el recipiente.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

donde:

f = Factor de calibración del recipiente (1/ m³)

W_a = Peso del agua en el recipiente (kg)

Preparación de la muestra:

La muestra se mezcla completamente y se seca a temperatura ambiente. El peso unitario puede expresarse en dos condiciones:

Peso Unitario Suelto:

Cuando el agregado se acomoda en forma natural en el recipiente.

$$PUS = f * W_s$$

donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

Ws = Peso de la muestra suelta (kg)

Procedimiento:

- El recipiente se llena con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm por encima de la parte superior del recipiente, sin ejercer presión.
- El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

Peso Unitario Compactado:

Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado

$$PUC = f * Ws$$

donde:

PUC = Peso unitario compactado (kg / m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

Wc = Peso de la muestra compactada (kg)

Procedimiento:

- Se llena la tercera parte del recipiente y se nivela la superficie con la mano.

- Se apisona la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie
- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Luego se llena la medida hasta rebosar y se compacta 25 veces con la barra compactadora.
- El agregado sobrante se elimina usando la barra compactadora como regla.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

1.2.5.3. Agua

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

El agua de mezcla en el concreto tiene como funciones principales: reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 p.p.m. ocasiona reducción de resistencias hasta del orden del 30% con relación a concretos con agua pura.

Los carbonatos y bicarbonatos de Sodio y Potasio pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales disueltas tiene concentraciones sobre 1000 p.p.m., por lo que es recomendable en estos casos hacer pruebas de tiempo de fraguado. Hay evidencias que en estas condiciones pueden incrementarse las reacciones álcali-sílice en los agregados.

TABLA N° 04: Límite permisible del agua

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO_3)	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ión SO_4)	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ión Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: NTP 339.088

Los carbonatos de Calcio y Magnesio no son muy solubles en el agua y en concentraciones hasta de 400 p.p.m. no tienen efectos perceptibles en el concreto.

El Sulfato de Magnesio y el Cloruro de Magnesio en contenidos hasta de 25000 p.p.m. no han ocasionado efectos negativos en investigaciones llevadas a cabo en USA, pero sales de Zinc, Cobre y Plomo como las que pueden tener las aguas contaminadas con relaves mineros, en cantidades superiores a 500 p.p.m. tienen efectos muy negativos tanto en el fraguado como en las resistencias. La materia orgánica por encima de las 1000 p.p.m. reduce resistencia e incorpora aire.

1.2.5.4. Diseño de mezcla

Proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados (fino y grueso) y aditivos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, además en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicado en los requerimientos del proyecto y especificaciones técnicas.

(NIÑO HERNANDEZ, 2010), señala que, el conocimiento de las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido tiene como finalidad primordial la de determinar el diseño de la mezcla. Una mezcla debe diseñarse tanto para estado fresco como estado endurecido. Las principales exigencias que se debe cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad y economía y para concreto endurecido son las de resistencia, durabilidad y en algunos casos el peso volumétrico.

Según el método ACI, el proporcionamiento de los agregados se hace teniendo en cuenta que éstos cumplen las especificaciones granulométricas, tamaño máximo y calidad de los agregados finos y gruesos, excepto los agregados livianos y pesados, y otros requisitos de la Norma ASTM C – 33.

Los criterios de dosificación de mezclas de concreto incluyen los siguientes pasos:

- Elección del asentamiento.
- Elegir el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Estimar el contenido de aire
- Estimar la cantidad de agua de mezclado
- Estimar la cantidad de agua / cemento (a/c)
- Calcular la cantidad de cemento
- Verificar si los agregados cumplen las recomendaciones granulométricas.
- Estimación del contenido de grava.
- Estimar el contenido de agregado fino.
- Ajustar la cantidad de agua por el contenido de humedad del agregado.
- Ajustar las mezclas de prueba.

1.2.6. ENSAYO AL CONCRETO FRESCO

1.2.6.1. Peso unitario: (NTP 339.046)

El peso unitario es el peso del concreto por metro cúbico para cada relación agua cemento.

$$f = \frac{100}{W_a}$$

$$P. U = f * W_c$$

donde:

f = factor de calibración del recipiente (1/m³)

Wa = Peso del agua en kg

PU = Peso unitario del concreto (kg/m³)

Wc = Peso del concreto fresco (kg)

1.2.6.2. Rendimiento: (NTP 339.046)

El objetivo es obtener el rendimiento del concreto por bolsa de cemento, se expresa en metros cúbicos.

$$\gamma = \frac{V_h}{N}$$

donde:

Y = Rendimiento (m³)

Vh = Volumen de concreto (m³)

N = Número de bolsas de cemento (Kg)

$$V_h = \frac{N * P_c + P_{a.f} + P_{a.g} + P_a}{P_u}$$

donde:

Pc = Peso de la bolsa de cemento (Kg)

Pa.f. = Peso del agregado fino (Kg)

Pa.g. = Peso del agregado grueso (Kg)

Pa = Peso del agua (Kg)

PU = Peso unitario del concreto (Kg/m³)

1.2.6.3. Contenido de aire: (NTP 339.046)

Las burbujas de aire pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones del proceso de puesta en obra, en cuyo caso se le conoce como aire atrapado o aire natural; o pueden encontrarse en la mezcla debido a que han sido intencionalmente incorporadas a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado. (RIVVA LÓPEZ, 2013)

En los concretos con aire incorporado, éste se incorpora intencionalmente a la mezcla mediante el empleo de aditivos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades del concreto, especialmente su durabilidad frente a los procesos de congelación y deshielo. Las burbujas de aire incorporado se caracterizan por el pequeño diámetro de las burbujas, entre 10 y 100 micrones, y el perfil esférico de las mismas. (RIVVA LÓPEZ, 2013)

En este proyecto se encontró el contenido de aire por medio del Método de Volúmenes Absolutos.

$$A = \left(\frac{(T - D)}{T} \right) * 100$$

donde:

T = Densidad teórica del concreto (Kg/m³)

D = Densidad del concreto (Kg/m³)

A = Contenido de aire (%)

1.2.6.4. Asentamiento: (NTP 339.035), (ASTM C – 143)

La consistencia del concreto fresco es la capacidad de la masa de concreto para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por la variación del contenido de agua en la mezcla. En los

concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores; se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado. El ensayo para medir la consistencia del cemento se denomina ensayo slump y consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico (Cono de Abrams), midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado (ARI, 2002).

1.2.6.5. Exudación: (NTP 339.077), (ASTM C232)

La exudación es el acto mediante el cual es agua contenida dentro de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado. Se origina con la incapacidad de los componentes sólidos de retener toda el agua cuando se asientan. La exudación puede expresarse cuantitativamente como el asentamiento total (reducción de altura) por unidad de altura del concreto. Tanto la capacidad de exudación como la proporción de exudación puede determinarse experimentalmente mediante la prueba ASTM C 232-71 (reaprobada en 1977). La exudación del concreto termina cuando la pasta ha endurecido lo suficiente. (A.M & J.J, 1998).

$$C = \frac{w}{W} * S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} * 100$$

donde:

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en Lts.

w = Agua efectiva en Lts.

W = Cantidad total de materiales, en Kg

S = Peso del concreto en Kg

V = Volumen final exudado en Lts

1.2.6.6. Temperatura del concreto: (NTP 339.184), (ASTM C1064)

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condicionan la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo.

El ensayo consiste en colocar un dispositivo de medición de temperatura en la muestra de concreto de tal modo que este rodeado de mezcla por todos sus lados (al menos 3" y lejos del recipiente que lo contiene), el tiempo mínimo que debe estar introducido el dispositivo medidor es de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Se debe efectuar este ensayo dentro de los 5 minutos de tomada la muestra.

1.2.7. ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO

1.2.7.1. Resistencia a la compresión: (NTP 339.034)

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su

resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. La resistencia a la compresión es una de las más importantes propiedades, del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Objeto: La presente Norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm².

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

donde:

R_c = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos Por centímetro cuadrado.

G = Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

d = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

1.2.7.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral: (NTP 339.084)

Este ensayo consiste en aplicar la fuerza de compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta que este falle por la longitud de su diámetro. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano donde se aplica y esfuerzos a la compresión en el área donde la carga es aplicada. Por lo tanto, la falla de tracción ocurre antes que la falla de compresión debido a que las áreas de aplicación de la carga se encuentran en un estado de compresión triaxial a lo largo de todo el espécimen de concreto, permitiendo de esta manera resistir al espécimen de concreto mucho mayor esfuerzo a la compresión que el obtenido por un esfuerzo a la compresión uniaxial dando paso a la falla por tracción a lo largo del espécimen de concreto.

$$T = \frac{2P}{\pi * L * D} \left\{ \frac{Kg}{cm^2} \right\}$$

donde:

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm²)

P = Carga registrada (KN)-convertida en Kg-f

L = Longitud de la probeta (cm)

D = Diámetro de la probeta (cm)

1.2.7.3. Ensayo de módulo de elasticidad: (Norma ASTM C 469-94)

El módulo elástico es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. Definida como la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de

tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del concreto. Se emplea en el cálculo de la rigidez de los elementos estructurales.

El concreto no es un material elástico, no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama de carga Vs deformación en compresión; sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Modulo de Elasticidad Estático” del Concreto, mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido, que normalmente es un porcentaje de la tensión última. Los valores de **E** normalmente oscilan entre 280 000 a 350 000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y a la relación agua/cemento, pero siempre las mezclas más ricas en cemento tienen modelos de elasticidad mayores y también mayor capacidad de deformación.

En general a mayor resistencia del concreto y mayor densidad se tiende a obtener mayor módulo de elasticidad, sin embargo, dependiendo de los componentes y dosificación del concreto o mortero los valores pueden diferir de manera apreciable (QUINBAY, 2012)

Entre las características que influyen en la respuesta sísmica de una estructura están: el peso volumétrico del concreto, el módulo de elasticidad (que es determinante en la rigidez lateral de la estructura y en su periodo natural de vibración), la forma de la curva esfuerzo - deformación del concreto, la ductilidad del comportamiento y la forma de los lazos de

histéresis (define el amortiguamiento inelástico con que puede contarse) (BAZAN & MELI, 2001).

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\varepsilon_2 - 0.000050)}$$

donde:

E = Módulo de elasticidad secante, MPa [psi]

S₂ = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última o de ruptura

S₁ = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ε₁, de 50 millonésimas, MPa [psi]

E₂ = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S₂.

1.2.7.4. Ensayo de contracción del concreto: norma ASTM C 490-00, C 192 (American Society for Testing and Materials)

Este ensayo está referenciado con la norma ASTM C 490-00 (American Society for Testing and Materials), del cual se siguió el procedimiento de elaboración y curado de los especímenes que se utilizaron para la determinación del cambio de longitud en el concreto producidos por causas diferentes a las fuerzas externas aplicadas y a los cambios de temperatura en los especímenes de concreto endurecido y elaborados en el laboratorio.

Respecto a las condiciones de temperatura y humedad, la temperatura del laboratorio debe ser mantenida entre 23.0 +/- 4 °C y la humedad relativa debe ser no menor de 50% - 65%.

Equipos:

- Moldes para la elaboración del ensayo de cambio de longitud. Son moldes de acero de 75 x 75 x 285 mm.
- Pines de contracción. Son tornillos pequeños de acero con un extremo plano y el otro extremo maquinado y pulido que permite un contacto adecuado para una rápida medición de la longitud del espécimen.
- Varilla para compactar, de diámetro igual a 3/8"
- Martillo de goma.
- Poza de curado.
- Regla enrasadora.
- Comparador de longitud.
- Termocupla.
- Equipo para medir la Humedad relativa.

Procedimiento:

- Se preparan los moldes a utilizar, se arman, se aprietan los tornillos y luego se engrasan los moldes para un fácil desencofrado.
- Se colocan los pines de contracción en los extremos de cada molde para la determinación del cambio de longitud.
- Luego, se coloca el concreto preparado en los moldes, colocando éste en dos capas de aproximadamente igual espesor y se compacta cada capa con 30 golpes, cada una a lo largo de su sección transversal, según lo indicado en la norma ASTM C 190.
- Se golpea el molde con el martillo de goma para expulsar las burbujas de aire y lograr un mejor acomodo del concreto.
- Luego se enrasa el concreto con una regla.
- Después se cubren las muestras con plástico para evitar la pérdida de humedad durante las 24 horas luego del vaciado de concreto.
- A las 24 horas se desmolan los especímenes y se colocan en una poza de curado durante 28 días.

- Luego, se realiza la respectiva toma de datos con el comparador de longitud.

1.2.7.5. Cálculo del cambio de longitud.

Se calcula el cambio de longitud a cualquier edad como sigue:

$$L = \frac{L_x - L_i}{G} * 100$$

Donde:

L = Cambio de longitud a una edad x, en porcentaje (%).

L_x = Lectura de comparador del espécimen a una edad x menos la lectura de la barra de referencia a la edad x.

L_i = Lectura de comparador inicial del espécimen, menos la lectura de la barra de referencia a la edad x.

G = Longitud de base que es de 251 mm.

1.3. Definición de términos básicos.

- **Agua**

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. La influencia vital de la cantidad de agua de la mezcla de concreto, también es importante la calidad de agua, ya que las impurezas que contenga pueden interferir el endurecimiento del cemento, afectar negativamente la resistencia del concreto u ocasionar manchado de su superficie, así como llevar la corrosión en el refuerzo. Por estas razones debe evaluarse su conveniencia para fines de mezclado y curado.

- **Agregado fino**

Se define como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, cuyas dimensiones (granulometrías) están normalizadas. Según norma, el agregado fino, es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa totalmente por el tamiz oficial 9.5 mm (3/8").

- **Concreto**

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo.

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y el endurecido. (Rivva López, 2007)

- **Diseño de Mezcla**

El diseño de mezcla consiste básicamente en la selección de las proporciones de los materiales, integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como el diseño de la mezcla.

También es definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y/o las especificaciones de obra. (Rivva López, 2007).

- **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga, los esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra (NTP 339.034,1999).

- **Contracción**

La contracción es un fenómeno aparentemente simple del concreto cuando este pierde agua. Estrictamente hablando la contracción es una deformación tridimensional, pero se expresa comúnmente como una deformación lineal porque en la mayoría de los elementos de concreto expuestos, una o dos dimensiones son mucho más pequeñas que la tercera dimensión y el efecto de la contracción es mayor en la dimensión más grande.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema.

Desde hace muchos años se han venido investigando mundialmente las causas y los efectos de la contracción en el concreto que ocasiona las fisuras en el concreto. La aparición del concreto armado o reforzado se dio en la segunda mitad del siglo XIX. Desde entonces, numerosas han sido las investigaciones con el objetivo de mejorar su comportamiento, resistencia y durabilidad. A su vez, ya hace 4000 años se empleaban fibras como adición a un material para mejorar sus propiedades. Pero éstas fueron tan rústicas y de poca resistencia comprobada, que fueron sustituidas por las fibras sintéticas, cuya creación se atribuye a Chardonet, quien a finales del siglo XIX inventó la seda artificial. A partir de 1935, con la invención del nylon, el interés por el desarrollo de la fibra sintética creció exponencialmente, pues se observó tanto su alta resistencia como los bajos costos para su producción e incorporación en mezclas. (Blanco, 2008).

En el caso del concreto en estado plástico, dentro de las horas que siguen a la colocación, mientras la pasta de cemento es aún plástica y el endurecimiento no ha comenzado, la evaporación de agua causa contracción.

Si esta retracción excede la capacidad de deformación de la superficie del concreto, ésta puede fisurarse. El período de más peligro es entre 2 a 4 horas, cuando la exudación recién ha terminado y comienza la contracción.

La fisuración por contracción plástica ocurre normalmente en losas y pavimentos con un patrón aleatorio o diagonal, pero, ocasionalmente siguiendo la forma de las barras de refuerzo (si lo hubiese). En este último caso es altamente probable una combinación del fenómeno de contracción y asentamiento plástico. El fenómeno de la contracción

plástica es más común en grandes superficies horizontales de concreto fresco, como losas y pavimentos.

Por tanto, la presente investigación pretende aportar conocimientos relacionados con la con la utilización del cemento Portland Tipo I y agregados de nuestra zona, en el concreto, con el fin de neutralizar las grietas y fisuras que se originan debido a la contracción del concreto en su estado plástico, ya que se cuenta con poca información sobre éste tema en nuestra región y por ende en la ciudad de Iquitos. Añadimos a esto el factor ambiental de nuestra ciudad, puesto que genera altas tasas de evaporación capaz contraer el concreto.

2.2. Formulación del problema.

2.2.1. Problema general.

¿Cómo influye el uso del cemento Portland Tipo I en el control de cambio de longitud asociada a la contracción en el concreto cemento – arena en Iquitos 2021?

2.2.2. Problemas específicos.

¿Cómo influye el curado en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021?

¿Cómo es la influencia de la relación agua/cemento en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021?

2.3. Objetivos.

2.3.1. Objetivo general.

Estudiar el comportamiento del concreto cemento – arena utilizando cemento portland Tipo I para la medición de la contracción en Iquitos 2021.

2.3.2. Objetivos específicos.

Estudiar la influencia del curado en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021.

Estudiar la Influencia de la relación agua/cemento en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021.

2.4. Justificación de investigación.

Este trabajo se justifica en el alcance experimental que se dará a conocer mediante las pruebas que se realizarán para estudiar el cambio de longitud del concreto en nuestra zona, debido a la poca o nula información sobre el tema en nuestra región, está limitado a los comportamientos de retracción libre elaborados con 3 diferentes relaciones agua/cemento del diseño de mezclas (ACI – 211), utilizando un mismo cemento (cemento Portland Tipo I) y un mismo agregado (cantera de agregado fino carretera Iquitos a Nauta), además, los cambios volumétricos constituyen uno de los aspectos más importantes del comportamiento del concreto, tanto desde el punto de vista de la tecnología del diseño de mezclas, su producción, colocación y curado, como desde la perspectiva del diseño estructural, dado que sus efectos se reducen en contracciones y/o expansiones que ocasionan una gran variedad de problemas, asociados principalmente a fisuraciones y deformaciones que algunas veces sólo son objetables desde el punto de vista estético.

Es frecuente en nuestro medio, encontrar en los diferentes proyectos, problemas de fisuración, problemas de tipo constructivo y de diseño estructural, derivados de los cambios volumétricos en el concreto, y que en muchos de los casos no son adecuadamente identificados y evaluados en cuanto a sus causas y trascendencia, originándose discrepancias técnicas y hasta de tipo legal por desconocimiento de los mecanismos que controlan estos comportamientos. Por lo tanto,

todos los análisis de esta investigación, sobre el efecto de la relación agua/cemento y agregado fino, se refiere solo a estos parámetros referidos a la contracción.

2.5. Hipótesis.

La utilización del cemento Portland Tipo I contribuye positivamente en el control del cambio de longitud asociada a la contracción en el concreto cemento – arena en Iquitos 2021.

2.6. Variables

2.6.1. Identificación de las variables.

Variables Independientes X:

Las variables independientes son factores que son manipulados directamente, los cuales repercuten sobre la variable dependiente, en la presente tesis encontramos la siguiente variable independiente:

Diseño del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos 2021

Variables Dependientes Y:

Las variables dependientes son factores que pueden ser medidos y manipulados indirectamente, es decir que dependen de las variables independientes, en nuestro caso encontramos la siguiente variable dependiente:

Estudio de la contracción del concreto cemento – arena.

2.6.2. Definición conceptual de las variables.

Variables Independientes X:

Diseño del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos 2021

Definición conceptual:

El diseño de mezcla consiste básicamente en la selección de las proporciones de los materiales, integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como el diseño de la mezcla.

También es definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada.

Variables Dependientes Y:

Estudio de la contracción del concreto cemento – arena.

Definición conceptual:

La contracción en el concreto es la variación de volumen que experimenta durante sus diferentes etapas, desde que el cemento entra en contacto con el agua, pasando por fraguado, el proceso de endurecimiento y secado, está relacionado con la pérdida paulatina de agua en la mezcla, así como las reacciones físico químicas de la combinación de sus elementos.

2.6.3. Operacionalización de las variables.

TABLA N° 05: Operacionalización de Variables

Variables	Indicadores
<p>X: Diseño del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos 2021</p>	<p>Agua NTP 339.088</p> <p>Agregados NTP 400.010 y ASTM C702</p> <p>Granulometría NTP 400.012; 400.037 y ASTM C702</p> <p>Contenido de Humedad NTP 339.185 y ASTM C566</p> <p>Temperatura NTP 339.184 y ASTM C1064</p> <p>Asentamiento NTP 339.035 y ASTM C670 y MTC 705</p> <p>Peso Unitario, Rendimiento y Contenido de aire del concreto NTP 339.046; ASTM C 138 y MTC 705</p>
<p>Y: Estudio de la contracción del concreto cemento – arena.</p>	<p>Humedad relativa</p> <p>Velocidad del viento</p> <p>Temperatura del ambiente</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

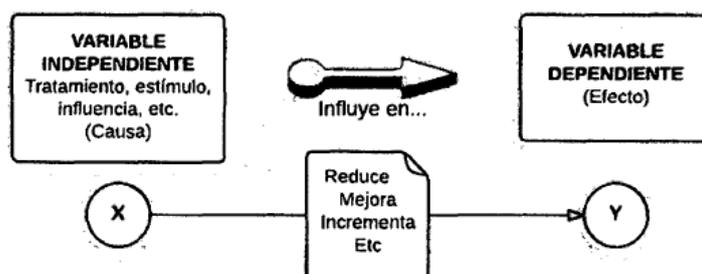
3.1.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo **Experimental**, no obstante, al describir las variables se manipulará la variable independiente (Diseño del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos 2021) para determinar efectos en la variable dependiente.

3.1.2. Diseño de investigación

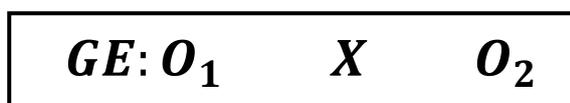
La presente investigación es de carácter experimental. Hernández et al. (2010) respecto a los experimentos dice: Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

GRÁFICO N° 08: Esquema de un Experimento y sus Variables



Fuente: Adaptado de Metodología de la Investigación (p. 122). Hernández Sampieri R., Fernández Collado C. y Baptista Lucio P. Editorial Mc Graw Hill, 5ta edición. México, 2010

Su esquema es:



Donde:

GE: Grupo Experimental

O₁: Pre-prueba (Pre Test o Medición)

X: Experimento o tratamiento

O₂: Post-prueba (post Test o Medición)

La aplicación de este diseño significa realizar los siguientes pasos:

- Efectuar una medición o prueba (diagnóstico) en la variable dependiente (VD) que interesa estudiar (pre test).
- Realizar el experimento (X), se aplica la variable independiente a los sujetos de estudio.
- Efectuar una nueva medición en la variable dependiente a los sujetos (post test).
- Comparar los resultados, para analizar las diferencias y obtener conclusiones respecto al tratamiento o experimento realizado.
- Una limitación de este diseño, es que no usa grupo de control (GC), lo que definitivamente no permite afirmar categóricamente si los cambios son producidos por el tratamiento.
- El enfoque de investigación es de tipo cuantitativo, experimental de nivel exploratorio.

3.2. Población y muestra

Población: Estará conformada por los agregados (agregado fino) procedentes del Distrito de San Juan Bautista.

Muestra: La muestra estará conformada por probetas cilíndricas distribuidas de la siguiente manera: 7 probetas de 4 x 8 pulg. para el ensayo de comprensión, 7 probetas de 4 x 8 pulg. para el ensayo de comprensión diametral (Tracción), 4 probetas de 4 x 8 pulg. para el

ensayo de Módulo de elasticidad y 10 moldes prismáticos de 75 x 75 x 285 mm. Para el ensayo de contracción libre con curado y sin curado. Las probetas cilíndricas para comprensión, compresión diametral (Tracción) se ensayarán a los 3, 7 y 28 días, teniendo un total de 42 probetas de 4 x 8 pulg. además de las 4 probetas para módulo de elasticidad que se ensayarán a los 28 días y 10 moldes prismáticos para la contracción libre que se ensayarán a diario hasta completar los 28 días. El total de moldes (56 moldes) será para una relación agua/cemento. Y la muestra de agregado fino será obtenido a partir de la selección aleatoria de la población de agregado fino ubicada en el Distrito de San Juan Bautista.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos: Observación Experimental

La técnica de recolección de datos aplicada es la observación experimental, dado que los valores serán obtenidos en condiciones controladas, pues se realizará modelos de ensayos experimentales: para medir tiempo y aparición de fisuras en el concreto cemento - arena, en ellas se evaluará la influencia de la relación agua/cemento y el tipo de cemento. En ese sentido las condiciones para la obtención de datos serán establecidas por las normas y el criterio del investigador, siendo esta una técnica de observación experimental.

Instrumento de recolección de datos: Guía de observación

El instrumento a utilizar será la guía de observación, puesto que se aplicarán fichas y/o formatos para recolectar los datos y resultados obtenidos en el proceso experimental. La ficha de registro permitirá llevar un orden adecuado de la cantidad y variación estadística del diseño experimental. Finalmente, la información recolectada será ordenada y clasificada para su posterior interpretación y análisis.

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

En el presente trabajo de investigación el procesamiento de información se realizará de forma mecánica/computarizada. Usando:

Herramientas: Programas

- Word: Procesador de textos.
- Excel: Procesador de datos numéricos y diseño.

Para el análisis e interpretación de los datos se empleará la estadística descriptiva conformada por la frecuencia, promedio, porcentajes, desviación estándar y varianza.

Técnicas:

- Ensayos de laboratorios.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Los materiales a emplear son: agregado fino (procedente de la cantera ubicada en la carretera Iquitos - Nauta, cemento Sol Tipo I; que dicho sea de paso se realizaron según sus respectivas normativas.

Los agregados son los que conforman el esqueleto granular del concreto y representan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto. En general, los agregados más usados son la arena y la piedra; y la calidad de estos agregados es de mucha importancia ya que puede limitar la resistencia del concreto como también perjudicar su durabilidad y su desempeño al que esté destinado.

4.1.1. Agregado fino

Los agregados son los que conforman el esqueleto granular del concreto y representan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto. En general, los agregados más usados son la arena y la piedra; y la calidad de estos agregados es de mucha importancia ya que puede limitar la resistencia del concreto como también perjudicar su durabilidad y su desempeño al que esté destinado.

Agregado fino: Proviene de la desintegración natural o artificial de la roca, y que pasan por el tamiz de 3/8" y es retenido por el tamiz N°200.

Se realizó los ensayos básicos del agregado fino con el fin de efectuar los diseños de mezcla. El agregado fino corresponde a arena de color blanco proveniente de la cantera ubicada en la carretera Iquitos – Nauta. Para mayor detalle de la información ver Anexo B, caracterización del agregado fino.

GRÁFICO N° 09: Agregado fino (procedente de la cantera ubicada en la carretera Iquitos – Nauta)

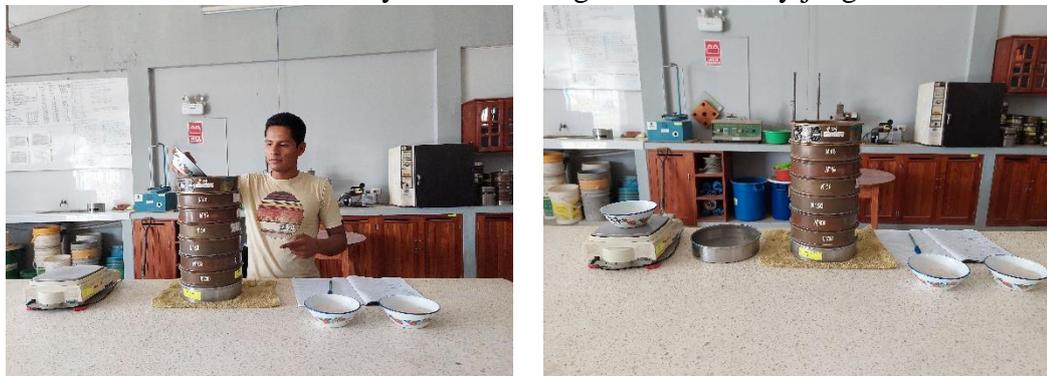


Fuente: Elaboración propia (2021)

4.1.1.1. Análisis granulométrico (NTP 400.037)

Es la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados; para un mejor análisis se expresa en porcentaje en peso con respecto al peso total. Esto se logra separando el material por los tamices estandarizados.

GRÁFICO N° 10: Ensayo de Análisis granulométrico y juego de tamices.



Fuente: Elaboración propia (2021)

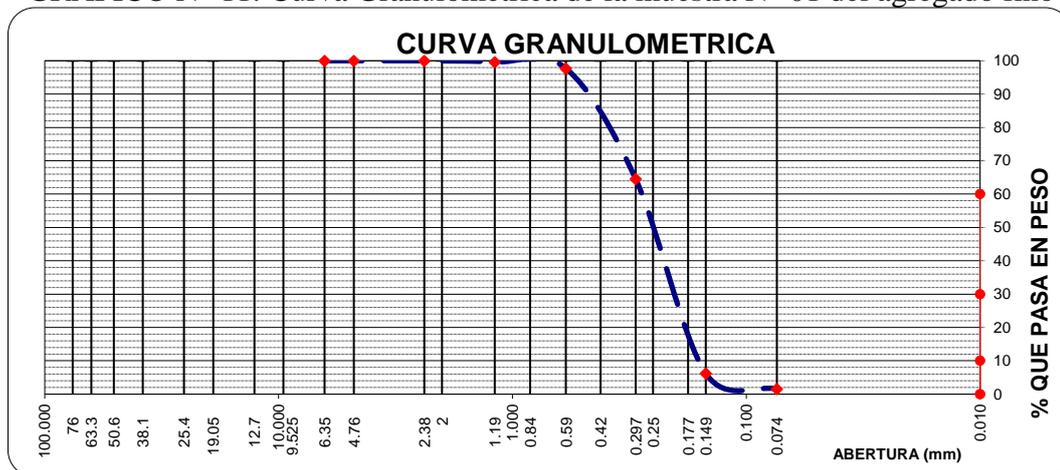
El análisis granulométrico por tamizado del agregado fino se realizó según la norma NTP 400.037. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 06: Análisis Granulométrico de la muestra N° 01 del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.000				
2 1/2"	63.300				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°04	4.760				100.00
N°08	2.380	0.07	0.02	0.02	99.98
N°16	1.190	0.96	0.33	0.36	99.64
N°30	0.590	5.64	1.96	2.32	97.68
N°50	0.297	95.60	33.18	35.50	64.50
N°100	0.149	167.95	58.29	93.79	6.21
N°200	0.074	13.43	4.66	98.45	1.55
Pasa N°200		4.47	1.55		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

GRÁFICO N° 11: Curva Granulométrica de la muestra N° 01 del agregado fino



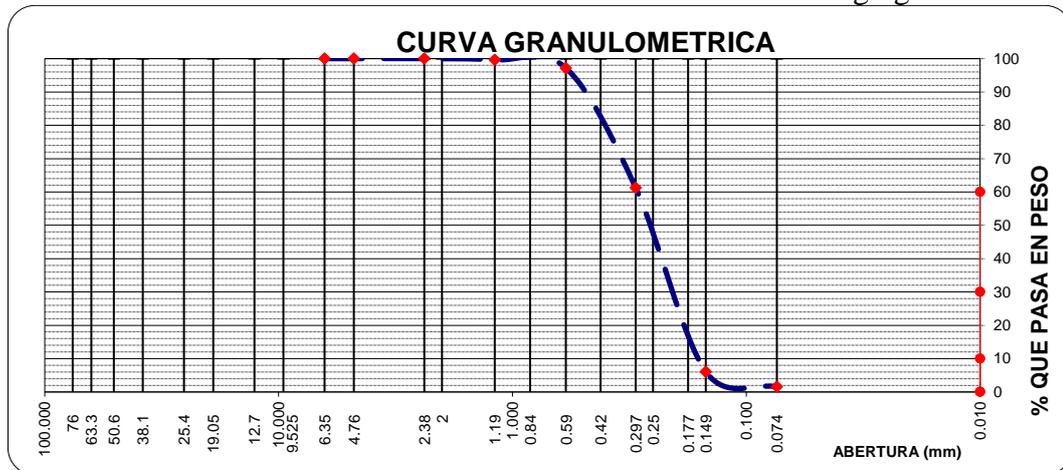
Fuente: Elaboración Propia (2021)

TABLA N° 07: Análisis Granulométrico de la muestra N° 02 del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.000				
2 1/2"	63.300				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°04	4.760				
N°08	2.380				100.00
N°16	1.190	1.06	0.37	0.37	99.63
N°30	0.590	6.99	2.47	2.84	97.16
N°50	0.297	101.80	35.90	38.74	61.26
N°100	0.149	156.37	55.15	93.88	6.12
N°200	0.074	12.95	4.57	98.45	1.55
Pasa N°200		4.39	1.55		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

GRÁFICO N° 12: Curva Granulométrica de la muestra N° 02 del agregado fino



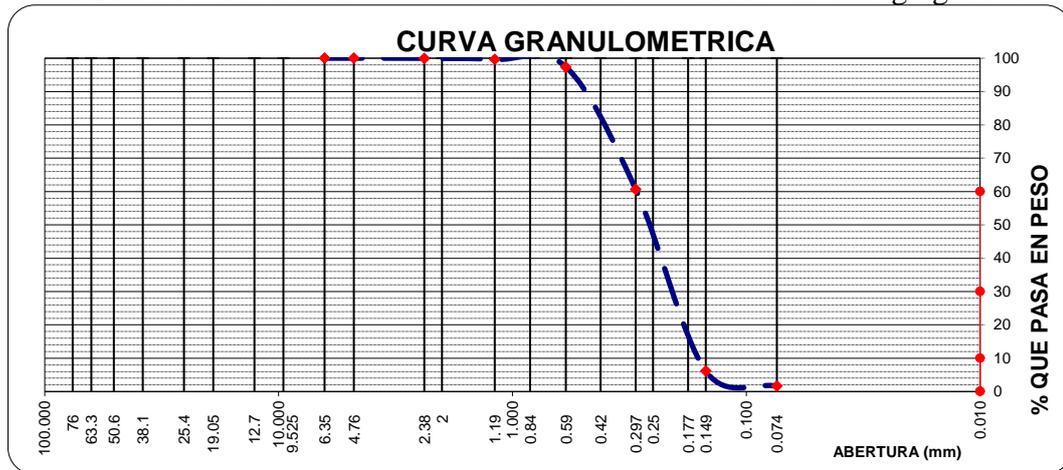
Fuente: Elaboración Propia (2021)

TABLA N° 08: Análisis Granulométrico de la muestra N° 03 del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa
			Parcial	Acumulado	
3"	76.000				
2 1/2"	63.300				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°04	4.760				100.00
N°08	2.380	0.11	0.04	0.04	99.96
N°16	1.190	0.93	0.33	0.36	99.64
N°30	0.590	6.46	2.26	2.63	97.37
N°50	0.297	104.68	36.68	39.31	60.69
N°100	0.149	155.59	54.53	93.84	6.16
N°200	0.074	12.99	4.55	98.39	1.61
Pasa N°200		4.59	1.61		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

GRÁFICO N° 13: Curva Granulométrica de la muestra N° 03 del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia (2021)

4.1.1.2. Módulo de finura (NTP 400.011)

El módulo de finura es un número adimensional que representa el tamaño promedio de las partículas de los agregados, el cual fue establecido por Duff Abrams en el año 1925. El módulo de finura nos indica qué tan fino es un agregado.

El análisis de módulo de fineza del agregado fino se realizó conforme la norma ASTM C-33 y NTP 400.011. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 09: Módulo de Fineza del Agregado Fino

MÓDULO DE FINEZA POR TAMIZADO SEGÚN NORMA ASTM C - 33						
Tamices ASTM	M-1		M-2		M-3	
	%Retenido	% Ret. Acumulado	%Retenido	% Ret. Acumulado	%Retenido	% Ret. Acumulado
3/8"						
N°04						
N°08	0.02	0.02			0.04	0.04
N°16	0.33	0.36	0.37	0.37	0.33	0.36
N°30	1.96	2.32	2.47	2.84	2.26	2.63
N°50	33.18	35.50	35.90	38.74	36.68	39.31
N°100	58.29	93.79	55.15	93.88	54.53	93.84
TOTAL		1.32		1.36		1.36
MOD. FINEZA	1.32		1.36		1.36	
PROMEDIO	1.35					

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Resultado: El promedio de módulo de fineza del agregado fino es 1.35.

4.1.1.3. Superficie específica (NTP 400.012)

La finura se define como la medida, tamaño o cantidad de área expuesta al contacto con el agua en una determinada masa de cemento; se expresa en $[cm^2/g]$ a la cual llamamos superficie de contacto o superficie específica; esto se refleja en el proceso de hidratación del cemento ya que a mayor superficie de contacto mejor y más rápido es el tiempo de fraguado.

El análisis de superficie específica del agregado fino se realizó conforme la norma NTP 400.012. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 10: Superficie Específica de la muestra N° 01 del Agregado Fino

SUPERFICIE ESPECÍFICA (M-1)				
Tamices ASTM	Abertura mm.	Di (cm)	Pi (%)	Pi/di
N°04	4.760	0.7125		
N°08	2.380	0.3555	0.02	0.06
N°16	1.190	0.1770	0.33	1.85
N°30	0.590	0.0885	1.96	22.02
N°50	0.297	0.0442	33.18	747.30
N°100	0.149	0.0221	58.29	2613.90
FONDO		0.0111	4.66	416.07
TOTAL				3385.13

Fuente: Elaboración Propia (2021)

$$Se = \frac{0.06}{2.631} * 3385.13 = 77.70 \text{ cm}^2/g$$

TABLA N° 11: Superficie Específica de la muestra N° 02 del Agregado Fino

SUPERFICIE ESPECÍFICA (M-2)				
Tamices ASTM	Abertura mm.	Di (cm)	Pi (%)	Pi/di
N°04	4.760	0.7125		
N°08	2.380	0.3555		
N°16	1.190	0.1770	0.37	2.07
N°30	0.590	0.0885	2.47	27.75
N°50	0.297	0.0442	35.90	808.56
N°100	0.149	0.0221	55.15	2473.09
FONDO		0.0111	4.57	408.04
TOTAL				3311.48

Fuente: Elaboración Propia (2021)

$$Se = \frac{0.06}{2.631} * 3311.48 = 76.01 \text{ cm}^2/g$$

TABLA N° 12: Superficie Específica de la muestra N° 03 del Agregado Fino

SUPERFICIE ESPECÍFICA (M-3)				
Tamices ASTM	Abertura mm.	Di (cm)	Pi (%)	Pi/di
N°04	4.760	0.7125		
N°08	2.380	0.3555	0.04	0.11
N°16	1.190	0.1770	0.33	1.85
N°30	0.590	0.0885	2.26	25.39
N°50	0.297	0.0442	36.68	826.13
N°100	0.149	0.0221	54.53	2445.29
FONDO		0.0111	4.55	406.25
TOTAL				3298.77

Fuente: Elaboración Propia (2021)

$$Se = \frac{0.06}{2.631} * 3298.77 = 75.72 \text{ cm}^2/g$$

4.1.1.4. Material que pasa el tamiz N°200 (NTP 400.018)

La Norma Técnica NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado 39 que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

GRÁFICO N° 14: Ensayo de Material que pasa la malla N° 200



Fuente: Elaboración propia (2021)

El ensayo de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se desarrolló según la norma ASTM C-117 y NTP 400.018. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 13: Cantidad de Material Fino que Pasa la Malla N° 200

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 SEGÚN NORMA ASTM C - 117			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
% que pasa la malla N° 200	4.47	4.94	4.68
Promedio (%)	4.70		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Resultado: El promedio del porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino es 4.70 %.

4.1.1.5. **Peso específico (NTP 400.022)**

El peso específico de los agregados está dado por el cociente entre el peso de las partículas y el volumen de las mismas, sin considerar los vacíos entre ellas. Esta propiedad física de los agregados se utiliza para el diseño de mezclas y también como un indicador de la calidad del agregado.

GRÁFICO N° 15: Ensayo de Peso Específico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia (2021)

El ensayo de peso específico se realizó conforme la norma ASTM C-128 y la NTP 400.022. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 14: Peso Específico del Agregado Fino

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 128			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	PROMEDIO
Peso Específico de Masa (Base Seca)	2.621	2.607	2.614
Peso Específico de Masa (S.S.S)	2.630	2.620	2.625
Peso Específico Aparente	2.646	2.641	2.644

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Resultado: El Peso específico del agregado fino es 2.614 gr/cm³

4.1.1.6. Absorción (NTP 400.037)

Se entiende por absorción, como la capacidad de los agregados para llenar con agua los vacíos internos en las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

GRÁFICO N° 16: Ensayo de Absorción del agregado fino



Fuente: Elaboración propia (2021)

El ensayo de absorción se realizó conforme la norma ASTM C-128 y la NTP 400.037. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 15: Ensayo de Absorción del Agregado Fino

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 128		
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
% de Absorción	0.36	0.50
PROMEDIO (%)	0.430	

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Resultado: El porcentaje de absorción del agregado fino es 0.43 %.

4.1.1.7. Peso unitario suelto (PUS) (NTP 400.017)

El ensayo de P.U.S. busca determinar el peso del agregado que debe llenar un recipiente de volumen unitario. Para la realización del ensayo, se debe dejar caer suavemente el agregado dentro del recipiente hasta que se encuentre lleno, luego se procede a enrasarlo.

GRÁFICO N° 17: Ensayo de Peso Unitario Suelto



Fuente: Elaboración propia (2021)

El ensayo de peso unitario suelto se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 16: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 29			
Descripción	M-1	M-2	M-3
Peso unitario (gr/cm ³)	1.369	1.369	1.373
Promedio peso unitario (Kg/m ³)	1,370		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Resultado: El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1,370 kg/m³

4.1.1.8. **Peso unitario compactado (PUC) (NTP 400.017)**

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente en donde está contenido. Este ensayo permite determinar el grado de compactación que puede presentar los materiales en su estado natural.

GRÁFICO N° 18: Ensayo de Peso Unitario Compactado



Fuente: Elaboración propia (2021)

El ensayo de peso unitario compactado se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 17: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 29			
Descripción	M-1	M-2	M-3
Peso unitario (gr/cm ³)	1.541	1.541	1.539
Promedio peso unitario (Kg/m ³)	1,540		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Resultado: El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1,540 kg/m³

4.2. CEMENTO

4.2.1. Definición

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

4.2.2. Características (Cemento portland Tipo I)

El Cemento Portland Tipo I (Sol) cumple con los requisitos de la norma ASTM C-150. Los requisitos químicos y físicos para los Cementos Portland Tipo I se indican en las tablas N° 01 y N° 02.

GRÁFICO N° 19: Almacenamiento del Cemento Sol Tipo I



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3. PREPARACIÓN DE DISEÑO DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA

El diseño de mezcla que se usó, fue aquel que, a través de una dosificación óptima, cumplió las siguientes condiciones: trabajabilidad y resistencia. El diseño de mezcla del concreto consiste en una mezcla de arena, cemento y agua para la relación a/c de 0.55, 0.60 y 0.70 con asentamiento dentro del rango de 2"-3", siguiendo el método especificado. Para mayor detalle de la información ver Anexo C, diseño de mezcla de las diferentes relaciones w/c.

4.3.1. Diseño del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.55

TABLA N° 18: Diseño del Concreto Cemento – Arena, relación w/c = 0.55

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD				
Cemento	518.2 Kg/m ³			
Agua	241.8 Lts/m ³			
Agregado Fino	1263.1 Kg/m ³			
PROPORCIÓN EN PESO (KG)				
Cemento	518.20	/	518.20	= 1.00
Agregado Fino	1263.10	/	518.20	= 2.44
Agua	0.47	x	42.50	= 19.98
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua	
	1	2.44	19.98	Lt/m ³
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie3				
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	1491.64 Kg/m ³			
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua	
	1	2.43	19.98	Lt/m ³
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO				
Cemento	42.50 Kg			
Agregado Fino	103.70 Kg			
Agua Efectiva	20.00 Lts			

Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 19: Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto
PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO
ASTM C-138

Relación agua/cemento: 0.55

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO

		PESO		VOLUMEN ABSOLUTO
-				
CEMENTO	:	518.20	kg	0.16609 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1217.81	kg	0.46391 m ³
AGUA	:	285.00	kg	0.28500 m ³
TOTAL DE MATERIALES		2021.01	kg	0.915 m³

S.S.S.* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{2021.01 \text{ kg}}{0.915 \text{ m}^3} = 2208.75 \text{ kg/m}^3$$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17723	17863		17890
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346		3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14377	14517		14544
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	7074	7074		7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.032	2.052		2.056
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)	2.04684			
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)	2046.84			

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{2021.01 \text{ kg.}}{2046.836667 \text{ kg/m}^3} = 0.987382 \text{ m}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{0.987382 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.987$$

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{518.2 \text{ m}^3}{0.987382^3} = 524.82 \text{ kg/m}^3 = 12.35 \text{ bolsas/m}^3$$

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 7.33 % Método gravimétrico

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO 8.10 % Método de presión

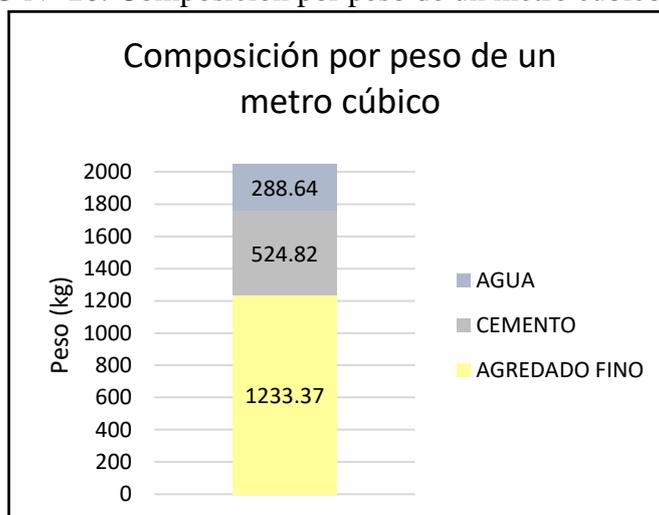
TEMPERATURA DE LA MEZCLA 33.3 °C

COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 524.82 kg	0.168 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1233.37 kg	0.470 m ³
AGUA	: 288.64 lts.	0.289 m ³
AIRE ATRAPADO	: 0.00	0.073 m ³
TOTAL	: 2046.84 kg	1.0000 m³

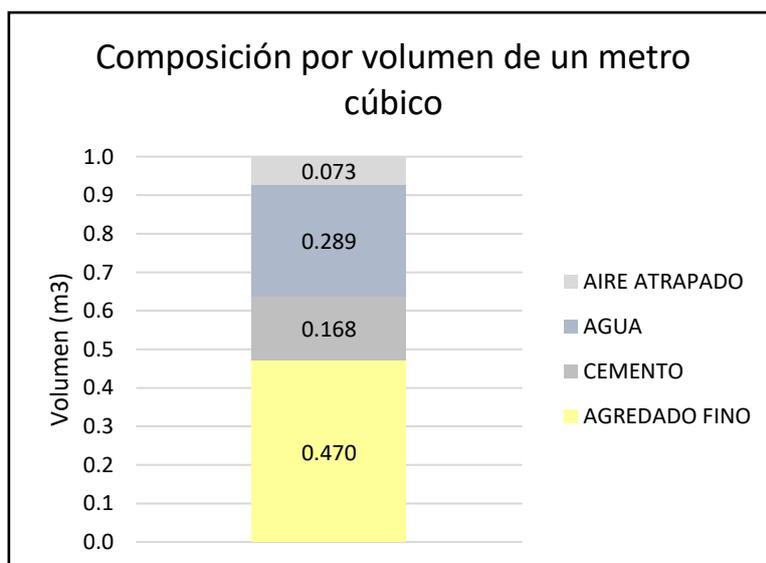
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 20: Composición por peso de un metro cúbico de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 21: Composición por volumen de un metro cúbico de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Diseño del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.60

TABLA N° 20: Diseño del Concreto Cemento – Arena, relación w/c = 0.60

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD				
Cemento				475 Kg/m ³
Agua				240.5 Lts/m ³
Agregado Fino				1300.8 Kg/m ³
PROPORCIÓN EN PESO (KG)				
Cemento	475.00	/	475.00	= 1.00
Agregado Fino	1300.8	/	475.00	= 2.74
Agua	0.51	x	42.50	= 21.68
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua	
	1	2.74	21.68	Lt/m ³
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie3				
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino				1491.64 Kg/m ³
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua	
	1	2.73	21.68	Lt/m ³
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO				
Cemento				42.50 Kg
Agregado Fino				116.50 Kg
Agua Efectiva				21.70 Lts

Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 21: Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto
PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

ASTM C-138

Relación agua/cemento: **0.60**

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO

		PESO		VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	:	475.00	kg	0.15224 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1254.16	kg	0.47776 m ³
AGUA	:	285.00	kg	0.28500 m ³
TOTAL DE MATERIALES		2014.16	kg	0.915 m ³

S.S.S.* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{2014.16 \text{ kg}}{0.915 \text{ m}^3} = 2201.26 \text{ kg/m}^3$$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

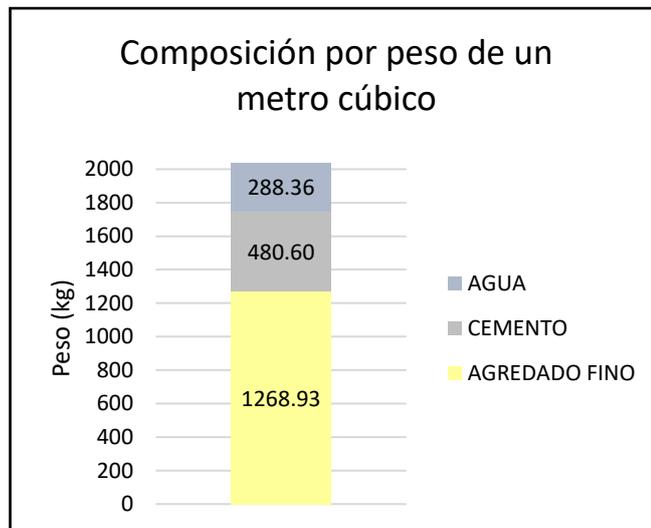
(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17755	17769	17796
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14409	14423	14450
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.037	2.039	2.043
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)	2.03789		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)	2037.89		

RENDIMIENTO	=	$\frac{2014.16 \text{ kg.}}{2037.885 \text{ kg/m}^3}$	=	0.988358	
		$\frac{0.988358 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$		0.988	
CONTENIDO DE CEMENTO REAL	=	$\frac{475 \text{ m}^3}{0.988358 \text{ m}^3}$	=	480.6 kg/m³	= 11.31 bolsas/m³
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	7.42	%		Método gravimétrico	
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	8.20	%		Método de presión	
TEMPERATURA DE LA MEZCLA	32.4	°C			

COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL

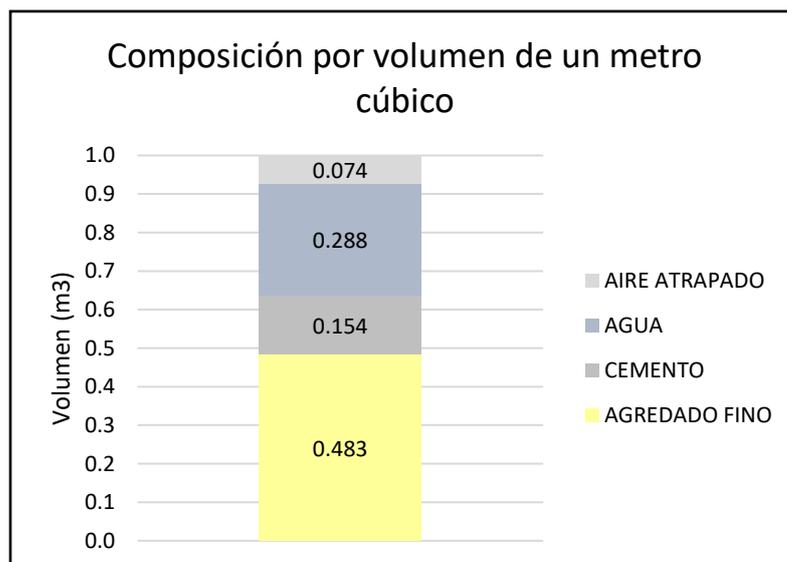
	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 480.60 kg	0.154 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1268.93 kg	0.483 m ³
AGUA	: 288.36 lts.	0.288 m ³
AIRE ATRAPADO	0.00	0.074 m ³
TOTAL	: 2037.88 kg	1.0000 m³

GRÁFICO N° 22: Composición por peso de un metro cúbico de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 23: Composición por volumen de un metro cúbico de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.3. Diseño del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.70

TABLA N° 22: Diseño del Concreto Cemento – Arena, relación w/c = 0.70

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD				
Cemento	414.3 Kg/m ³			
Agua	246.4 Lts/m ³			
Agregado Fino	1337.9 Kg/m ³			
PROPORCIÓN EN PESO (KG)				
Cemento	414.30	/	414.30	= 1.00
Agregado Fino	1337.91	/	414.30	= 3.23
Agua	0.59	x	42.50	= 25.08
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua	
	1	3.23	25.08	Lt/m ³
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie3				
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	1489.13 Kg/m ³			
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua	
	1	3.23	25.08	Lt/m ³
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO				
Cemento	42.50 Kg			
Agregado Fino	137.30 Kg			
Agua Efectiva	25.10 Lts			

Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 23: Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto
PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

ASTM C-138

Relación agua/cemento: **0.70**

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO

		PESO		VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	:	414.30	kg	0.13279 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1292.11	kg	0.49222 m ³
AGUA	:	290.00	kg	0.29000 m ³
TOTAL DE MATERIALES		1996.41	kg	0.915 m³

S.S.S.* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{1996.41 \text{ kg}}{0.915 \text{ m}^3} = 2181.86 \text{ kg/m}^3$$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17553	17530	17573
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14207	14184	14227
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.008	2.005	2.011
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)	2.00820		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)	2008.20		

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{1996.41 \text{ kg.}}{2008.2 \text{ g/m}^3} = 0.994129 \text{ m}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{0.994129 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.994$$

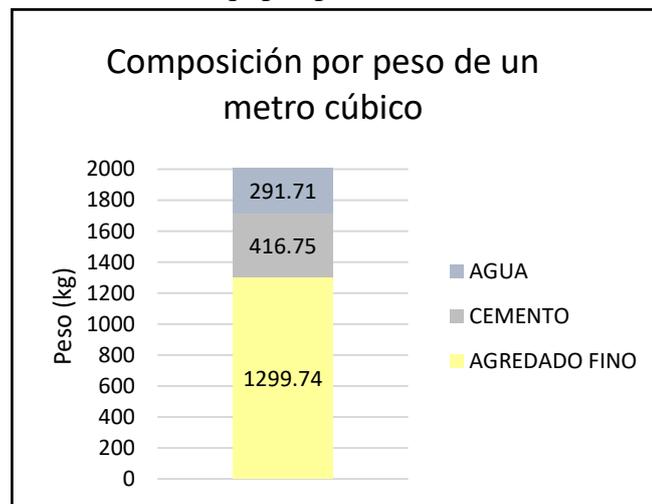
$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{414.3 \text{ m}^3}{0.994129 \text{ m}^3} = 416.75 \text{ kg/m}^3 = 9.81 \text{ bolsas/m}^3$$

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	7.96	%	Método gravimétrico
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	8.80	%	Método de presión
TEMPERATURA DE LA MEZCLA	33.0	°C	

COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO REAL

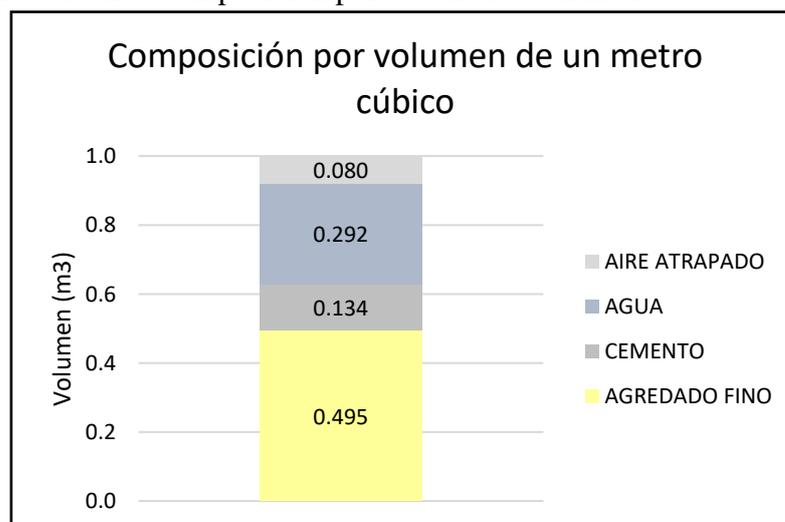
	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 416.75 kg	0.134 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 1299.74 kg	0.495 m ³
AGUA	: 291.71 lts.	0.292 m ³
AIRE ATRAPADO	0.00	0.080 m ³
TOTAL	: 2008.20 kg	1.0000 m³

GRÁFICO N° 24: Equipos para el vaciado de diseño de mezcla



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 25: Composición por volumen de un metro cúbico de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA EN ESTADO FRESCO

Los ensayos que se realizaron para el concreto cemento – arena en su estado fresco fueron: Consistencia, Peso Unitario, Contenido de Aire, Temperatura del concreto y Rendimiento.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos en estado fresco del concreto cemento – arena, los ensayos se realizaron según las respectivas normas, haciendo un uso estricto de ellas para la realización de la investigación. Para mayor detalle de la información ver Anexo D, propiedades del concreto fresco.

GRÁFICO N° 26: Equipos para el vaciado de diseño de mezcla



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.4.1. Consistencia (NTP 339.035)

Es la propiedad que tiene toda mezcla de concreto para mantenerse homogénea en un estado determinado en función del tiempo, también determina la facilidad del concreto para compactarse. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla.

Este ensayo se mide el cono de Abrams, el cual consiste en compactar la mezcla de concreto en tres capas en un molde

truncocónico para luego ser retirado y medir con la ayuda de una varilla lisa de 5/8" el asentamiento.

GRÁFICO N° 27: Ensayo de Consistencia de la mezcla



Fuente: Elaboración propia (2021)

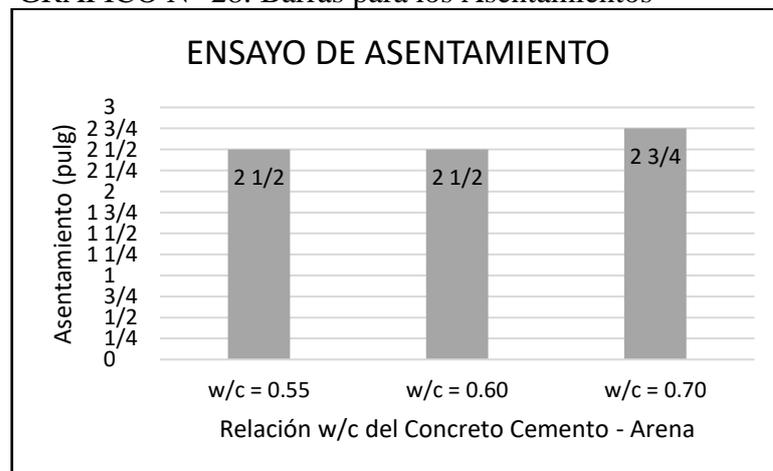
El ensayo de asentamiento se realizó conforme la norma ASTM C-143 y la NTP 339.035. En los presentes cuadros se observarán los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 24: Ensayo de Asentamiento

ENSAYO DE ASENTAMIENTO SEGÚN NORMA ASTM C - 143	
DESCRIPCIÓN	ASENTAMIENTO (Pulg)
w/c = 0.55	2 1/2
w/c = 0.60	2 1/2
w/c = 0.70	2 3/4

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 28: Barras para los Asentamientos



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.4.2. Peso Unitario (NTP 339.046)

El peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen. Consiste en compactar una muestra de concreto en un recipiente normado, el cual se pesará para luego dividir entre el volumen ocupado.

Sirve para poder compararlo con otros concretos y verificar que las proporciones de los componentes son los correctos.

GRÁFICO N° 29: Ensayo de Peso Unitario



Fuente: Elaboración propia (2021)

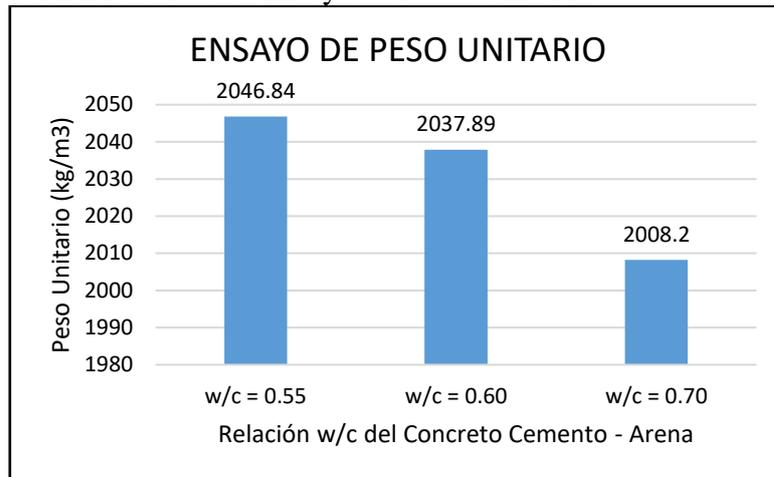
El ensayo de peso unitario se realizó conforme la norma ASTM C- 138 y la NTP 339.046. En los presentes cuadros se observarán los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 25: Peso Unitario

ENSAYO DE PESO UNITARIO SEGÚN NORMA ASTM C - 138	
DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO (kg/m ³)
w/c = 0.55	2046.84
w/c = 0.60	2037.89
w/c = 0.70	2008.20

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 30: Ensayo de Pesos Unitarios



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.4.3. Contenido de Aire (NTP 339.083)

Este ensayo permite medir la cantidad de aire que existe en el concreto fresco expresado en porcentaje (%), con el objetivo de llevar un control de calidad del concreto, ya que el aire arrastrado genera grandes burbujas de aire accidental durante el proceso de la mezcla, transporte y colocación del concreto.

Tomar en cuenta que, una cantidad significativa de material que pasa la malla N° 200, especialmente en la forma de arcilla, puede disminuir el contenido de aire en el concreto.

GRÁFICO N° 31: Ensayo de Contenido de Aire



Fuente: Elaboración propia (2021)

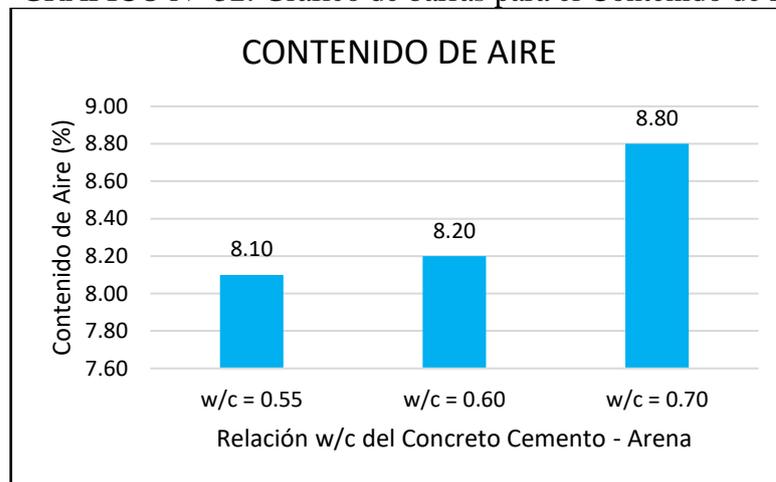
El ensayo de contenido de aire se realizó conforme a la NTP 339.083. En los presentes cuadros se observarán los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 26: Ensayo de Contenido de Aire

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE SEGÚN NORMA ASTM C - 138	
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE AIRE (%)
w/c = 0.55	8.10
w/c = 0.60	8.20
w/c = 0.70	8.80

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 32: Gráfico de barras para el Contenido de Aire



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.4.4. Temperatura del concreto (NTP 339.184)

La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por el proceso de hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente.

GRÁFICO N° 33: Ensayo de Temperatura del Concreto



Fuente: Elaboración propia (2021)

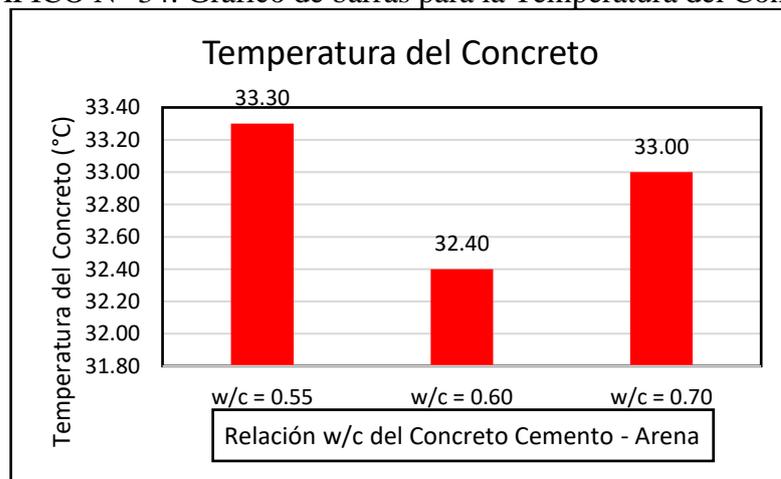
El ensayo de temperatura del concreto se realizó conforme la norma ASTM C-1064 y la NTP 339.184. En los presentes cuadros se observarán los resultados de las pruebas realizadas:

TABLA N° 27: Temperatura del Concreto

TEMPERATURA DEL CONCRETO SEGÚN NORMA ASTM C - 1064	
DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)
w/c = 0.55	33.30
w/c = 0.60	32.40
w/c = 0.70	33.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 34: Gráfico de barras para la Temperatura del Concreto



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.4.5. Exudación (NTP 339.077)

La exudación es una propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia poco después de que el concreto haya sido colocado y consolidado en los encofrados y continúa hasta que se inicia el fraguado de la mezcla.

GRÁFICO N° 35: Ensayo de Exudación



Fuente: Elaboración propia (2021)

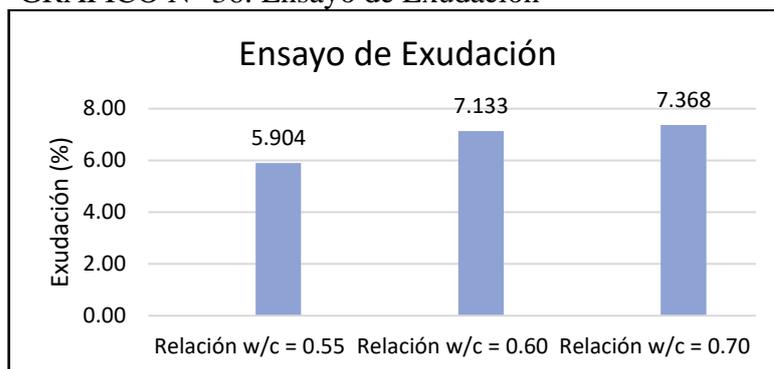
El ensayo de exudación se realizó conforme la norma ASTM C-232 y la NTP 339.077.

TABLA N° 28: Exudación del concreto.

CONCRETO CEMENTO - ARENA	Exudación (%)
Relación w/c = 0.55	5.904
Relación w/c = 0.60	7.133
Relación w/c = 0.70	7.368

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 36: Ensayo de Exudación



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA EN ESTADO ENDURECIDO

En este punto se exponen todos los resultados experimentales que se obtuvieron del concreto endurecido. Se analizarán los ensayos por las diferentes relaciones de agua/cemento que se fueron variando en el diseño, para así obtener diferentes resistencias. Para mayor detalle de la información ver Anexo D, propiedades del concreto endurecido.

4.5.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

La resistencia a la compresión es considerada como la característica más importante del concreto, aunque en otros casos son otras; la resistencia a la compresión da un panorama general de la calidad del concreto, ya que está relacionado directamente con la estructura de la pasta de cemento.

Este ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito

hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C-39 y la NTP 339.034 con la muestra de 07 testigos por cada edad de 3,7 y 28 días.

GRÁFICO N° 37: Ensayo de Resistencia a la Compresión



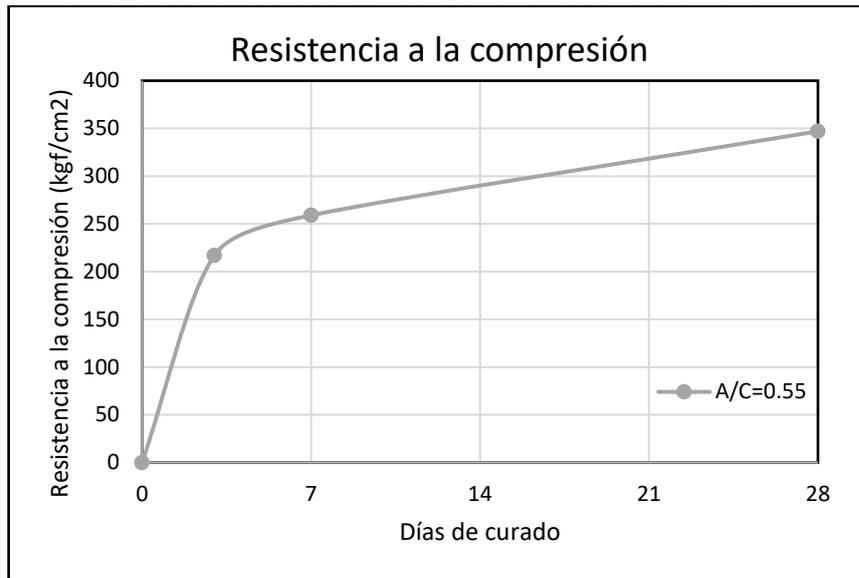
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 29: Resistencia a la Compresión, relación w/c = 0.55

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
3	217	62.54
7	259	74.64
28	347	100.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 38: Gráfico de Resistencia vs día de curado



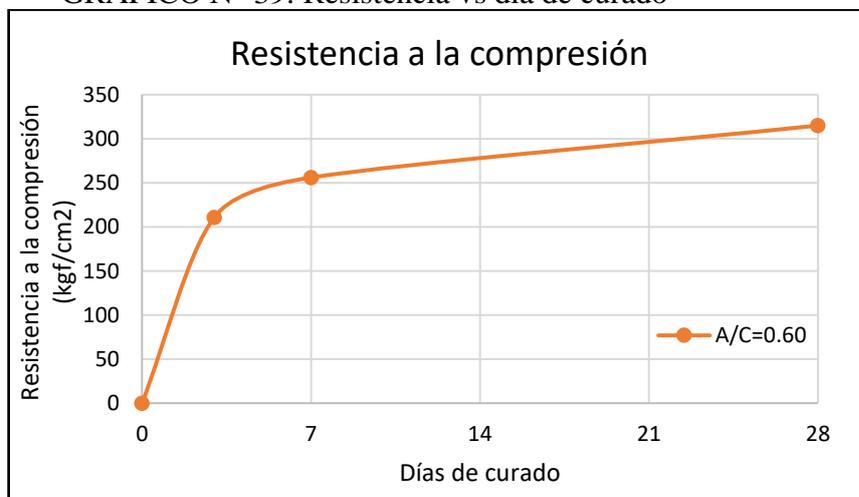
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 30: Resistencia a la Compresión, relación w/c = 0.60

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
3	211	66.98
7	256	81.27
28	315	100.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 39: Resistencia vs día de curado



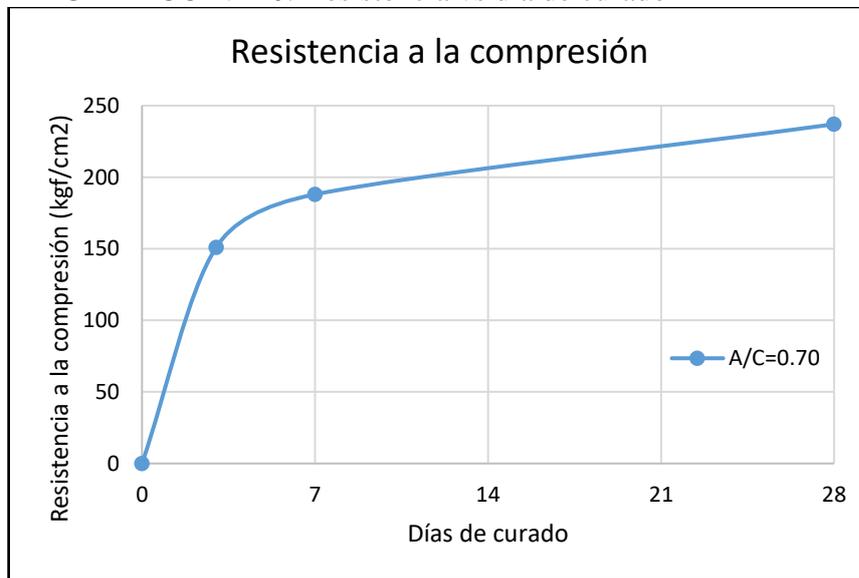
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 31: Resistencia a la Compresión, relación w/c = 0.70

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
3	151	63.71
7	188	79.32
28	237	100.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 40: Resistencia vs día de curado



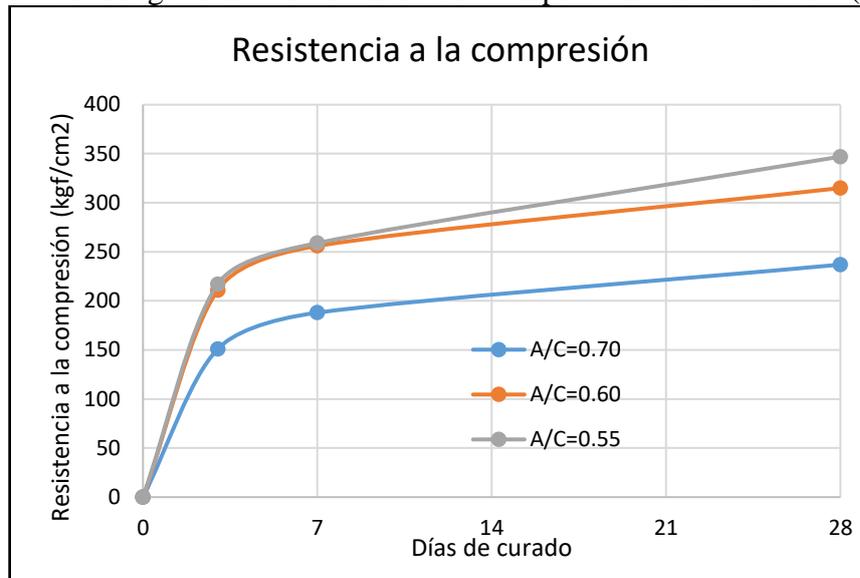
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 32: Coeficiente de Variación

COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)			
RELACIÓN A/C	0.55	0.60	0.70
3 días	2.74	3.28	6.75
7 días	3.05	4.34	10.16
28 días	3.29	6.21	6.33
PROMEDIO	3.02	4.61	7.75

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 41: Progresión de resistencia a la compresión durante 28 días (kg/cm²)



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.5.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084)

Este ensayo consiste en aplicar la fuerza de compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta que este falle por la longitud de su diámetro. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano donde se aplica y esfuerzos a la compresión en el área donde la carga es aplicada.

GRÁFICO N° 42: Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral



Fuente: Elaboración propia (2021)

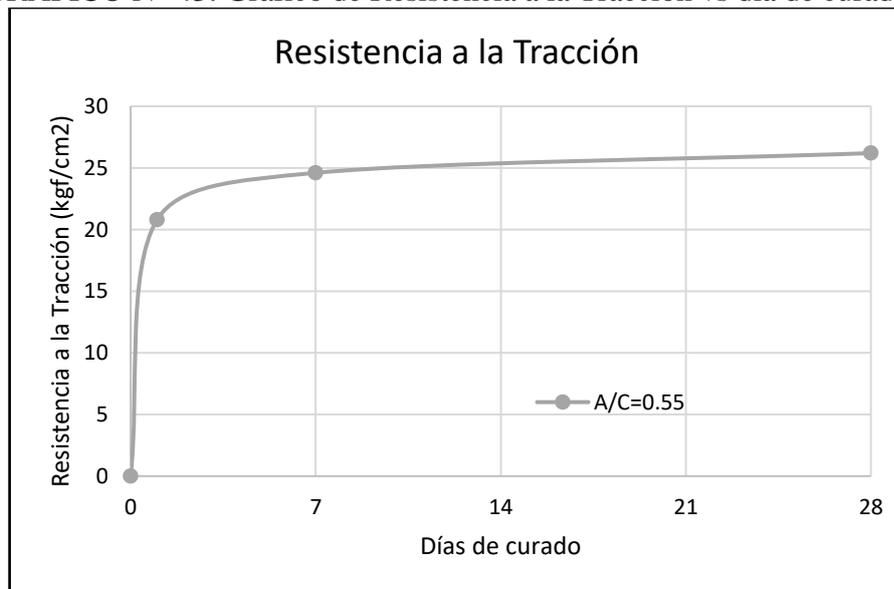
Los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C-496 y la NTP 339.084 con la muestra de 07 testigos por cada edad de 3,7 y 28 días.

TABLA N° 33: Resistencia a la Tracción, relación w/c = 0.55

Resistencia a la Tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
3	20.8	79.39
7	24.6	93.89
28	26.2	100.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 43: Gráfico de Resistencia a la Tracción vs día de curado



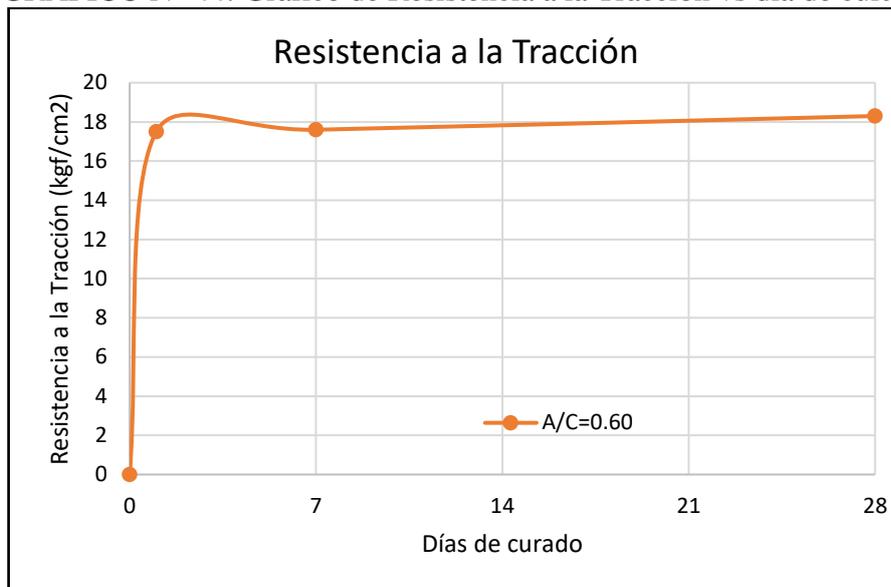
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 34: Resistencia a la Tracción, relación w/c = 0.60

Resistencia a la Tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
3	17.5	95.63
7	17.6	96.17
28	18.3	100.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 44: Gráfico de Resistencia a la Tracción vs día de curado



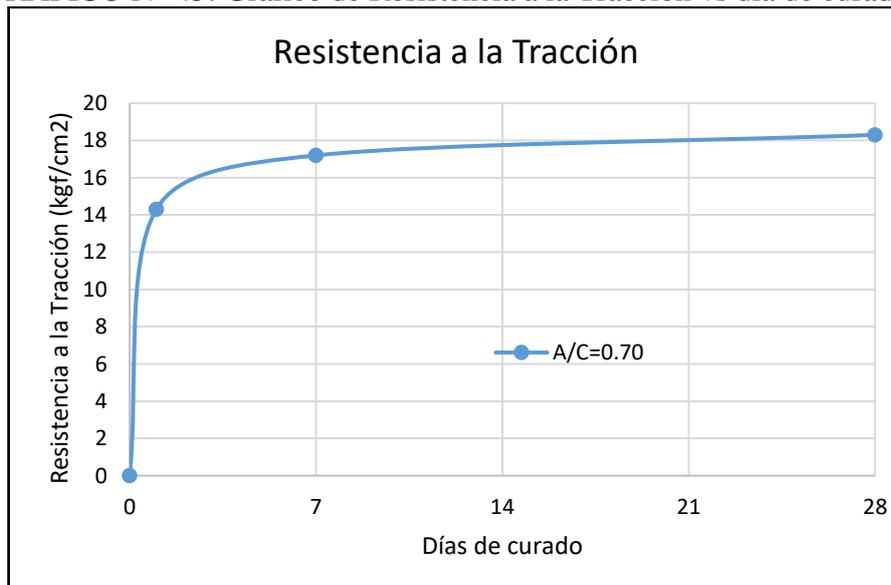
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 35: Resistencia a la Tracción, relación w/c = 0.70

Resistencia a la Tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
3	14.3	78.14
7	17.2	93.99
28	18.3	100.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 45: Gráfico de Resistencia a la Tracción vs día de curado



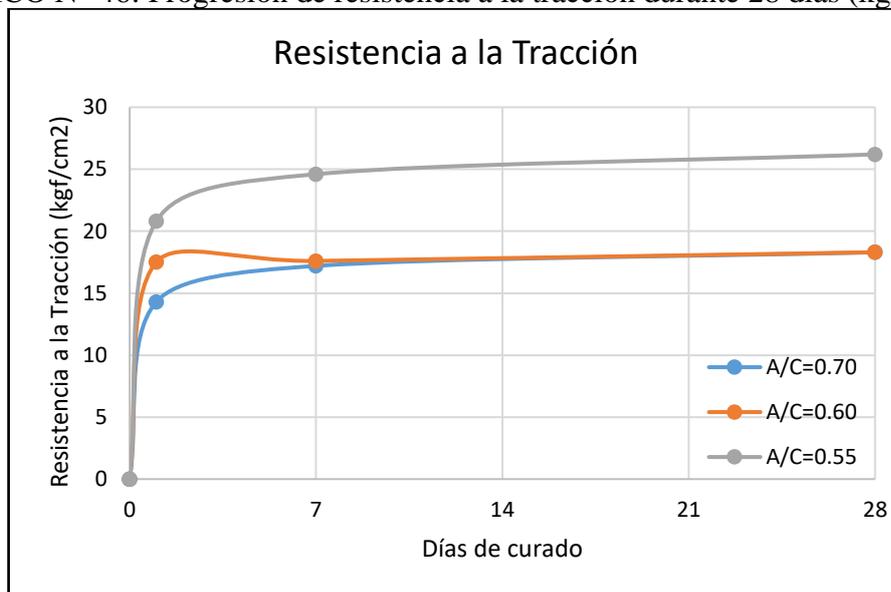
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 36: Coeficiente de Variación de la Resistencia a la Tracción

COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)			
RELACIÓN A/C	0.55	0.60	0.70
3 días	13.54	15.38	4.65
7 días	12.14	9.62	9.62
28 días	9.72	11.20	11.20
PROMEDIO	11.80	12.07	8.49

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 46: Progresión de resistencia a la tracción durante 28 días (kg/cm²)



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.5.3. Módulo Elástico Estático (NTP 339.084)

También conocido como módulo de Young, tiene como objetivo obtener una relación de esfuerzo-deformación llamado módulo de elástico. Para esto se somete la probeta de concreto a cargas de compresión que van incrementando y generan deformaciones para rangos elásticos e inelásticos. El concreto como la mayoría de materiales, tiene propiedades elásticas en cierto grado, por lo que se afirma que el concreto no tiene un comportamiento perfectamente elástico.

GRÁFICO N° 47: Ensayo de Módulo de Elasticidad



Fuente: Elaboración propia (2021)

Los ensayos de módulo de elasticidad se realizaron de acuerdo a la NTP 339.084 con la muestra de 04 testigos a la edad de 28 días por cada relación. En los siguientes cuadros se mostrarán los resultados de las pruebas realizadas.

TABLA N° 37: Cuadro de módulo de elasticidad – relación w/c = 0.55

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.55			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	249305.00	256531.00
2	28	271349.00	
3	28	247662.00	
4	28	257806.00	

Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 38: Cuadro de módulo de elasticidad – relación w/c = 0.60

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.60			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	240281.00	250108.00
2	28	254168.00	
3	28	251418.00	
4	28	254563.00	

Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 39: Cuadro de módulo de elasticidad – relación w/c = 0.70

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.70			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	228592.00	227557.00
2	28	225543.00	
3	28	209166.00	
4	28	246926.00	

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.6. ENSAYOS DE CONTRACCIÓN

Se muestran los resultados del ensayo de contracción libre con la finalidad de determinar el cambio de longitud del concreto.

GRÁFICO N° 48: Prismas listas para el registro de cambio de Longitud



Fuente: Elaboración propia (2021)

4.6.1. Ensayo para la determinación de cambio de longitud en concreto

Este ensayo está referenciado con la norma ASTM C 490-00 (American Society for Testing and Materials), del cual se siguió el procedimiento de elaboración y curado de los especímenes que se utilizaron para la determinación del cambio de longitud en el concreto producidos por causas diferentes a las fuerzas externas aplicadas y a los cambios de temperatura en los especímenes de concreto endurecido y elaborados en el laboratorio de la Universidad Científica

del Perú. Para mayor detalle de la información ver Anexo D, ensayos de contracción.

TABLA N° 40: Cuadro de registro de los prismas de contracción, 28 días de curado – relación w/c = 0.55

28 días curado - w/c = 0.55				
01	02	03	04	05
Lectura del espécimen de concreto (pulg.)				
0.3221	0.3496	0.2197	0.3063	0.3220
0.3222	0.3493	0.3124	0.3102	0.3237
0.3165	0.3501	0.3137	0.3117	0.3254
0.3275	0.3509	0.3139	0.3131	0.3263
0.3275	0.3515	0.3144	0.3132	0.3264
0.3268	0.3504	0.3133	0.3118	0.3253
0.3275	0.3525	0.3162	0.3125	0.3259
0.3319	0.3543	0.3178	0.3151	0.3288
0.3318	0.3538	0.3171	0.3172	0.3303
0.3325	0.3536	0.3178	0.3170	0.3310
0.3330	0.3501	0.3177	0.3186	0.3314
0.3324	0.3524	0.3197	0.3193	0.3335
0.3323	0.3468	0.3178	0.3169	0.3313
0.3319	0.3489	0.3168	0.3170	0.3302
0.3325	0.3495	0.3173	0.3169	0.3308
0.3329	0.3495	0.3173	0.3176	0.3310
0.3344	0.3504	0.3187	0.3189	0.3327
0.3337	0.3599	0.3184	0.3168	0.3328
0.3338	0.3498	0.3181	0.3185	0.3324
0.3325	0.3478	0.3165	0.3162	0.3308
0.3340	0.3484	0.3175	0.3170	0.3319
0.3331	0.3479	0.3168	0.3178	0.3308
0.3335	0.3446	0.3139	0.3142	0.3281
0.3313	0.3446	0.3139	0.3138	0.3283
0.3307	0.3418	0.3125	0.3120	0.3275
0.3290	0.3416	0.3124	0.3129	0.3279
0.3297	0.3357	0.3219	0.3244	0.3317
0.3297	0.3431	0.3167	0.3184	0.3333

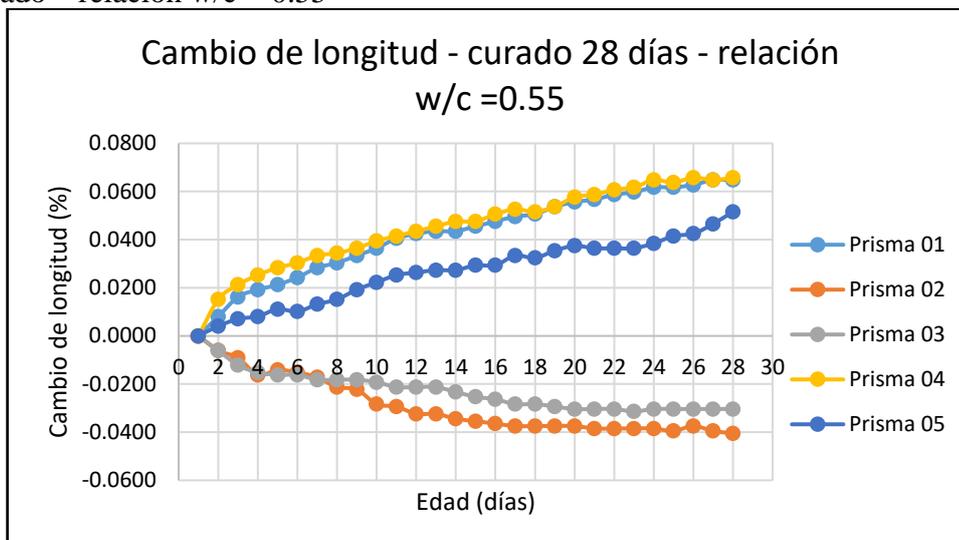
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 41: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.55

Edad (días)	Contracción libre del concreto cemento - arena, con curado 28 días - Relación w/c = 0.55				
	Prisma 01	Prisma 02	Prisma 03	Prisma 04	Prisma 05
1	0	0	0	0	0
2	0.00809561	-0.00607171	-0.00607171	0.01517927	0.00404780
3	0.01619122	-0.00910756	-0.01214341	0.02125097	0.00708366
4	0.01922707	-0.01619122	-0.01517927	0.02529878	0.00809561
5	0.02125097	-0.01416732	-0.01619122	0.02833463	0.01113146
6	0.02428683	-0.01517927	-0.01619122	0.03035853	0.01011951
7	0.02833463	-0.01720317	-0.01821512	0.03339439	0.01315536
8	0.03035853	-0.02125097	-0.01821512	0.03440634	0.01517927
9	0.03339439	-0.02226293	-0.01821512	0.03643024	0.01922707
10	0.03643024	-0.02833463	-0.01922707	0.03946609	0.02226293
11	0.04047805	-0.02934658	-0.02125097	0.04149000	0.02529878
12	0.04250195	-0.03238244	-0.02125097	0.04351390	0.02631073
13	0.04351390	-0.03238244	-0.02125097	0.04553780	0.02732268
14	0.04351390	-0.03440634	-0.02327488	0.04756170	0.02732268
15	0.04553780	-0.03541829	-0.02529878	0.04756170	0.02934658
16	0.04756170	-0.03643024	-0.02631073	0.05059756	0.02934658
17	0.04958561	-0.03744219	-0.02833463	0.05262146	0.03339439
18	0.05059756	-0.03744219	-0.02833463	0.05160951	0.03238244
19	0.05363341	-0.03744219	-0.02934658	0.05363341	0.03541829
20	0.05565731	-0.03744219	-0.03035853	0.05768122	0.03744219
21	0.05666926	-0.03845414	-0.03035853	0.05869317	0.03643024
22	0.05869317	-0.03845414	-0.03035853	0.06071707	0.03643024
23	0.05970512	-0.03845414	-0.03137049	0.06172902	0.03643024
24	0.06172902	-0.03845414	-0.03035853	0.06476487	0.03845414
25	0.06172902	-0.03946609	-0.03035853	0.06375292	0.04149000
26	0.06274097	-0.03744219	-0.03035853	0.06577682	0.04250195
27	0.06476487	-0.03946609	-0.03035853	0.06476487	0.04654975
28	0.06476487	-0.04047805	-0.03035853	0.06577682	0.05160951

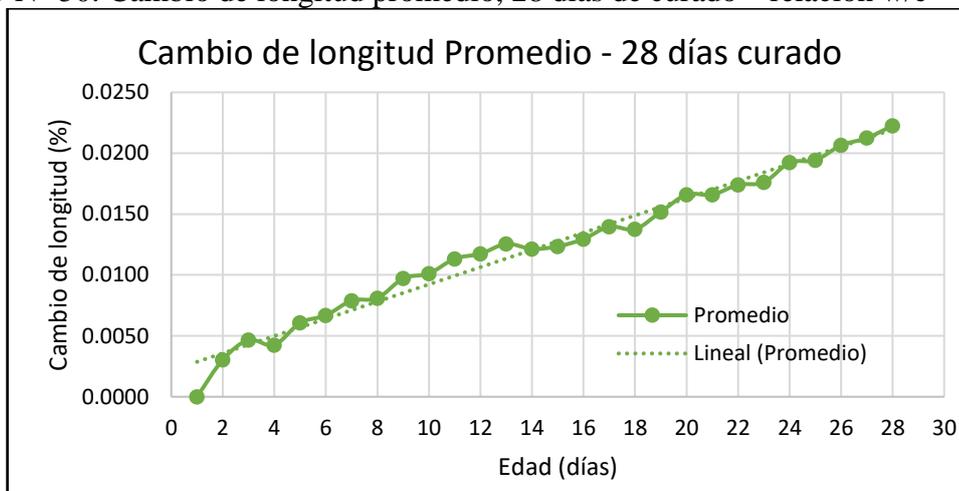
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 49: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.55



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 50: Cambio de longitud promedio, 28 días de curado – relación w/c = 0.55



Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 42: Cuadro de registro de los prismas de contracción, sin curado – relación w/c = 0.55

Sin curado w/c = 0.55				
06	07	08	09	10
Lectura del espécimen de concreto (pulg.)				
0.3555	0.3525	0.3311	0.3563	0.3415
0.3575	0.3535	0.3231	0.3574	0.3361
0.3576	0.3517	0.3224	0.3578	0.3364
0.3573	0.3498	0.3211	0.3574	0.3396
0.3573	0.3486	0.3213	0.3571	0.3367
0.3556	0.3474	0.3198	0.3557	0.3355
0.3544	0.3456	0.3245	0.3552	0.3396
0.3584	0.3398	0.3245	0.3558	0.3374
0.3579	0.3488	0.3212	0.3579	0.3377
0.3578	0.3486	0.3207	0.3575	0.3372
0.3573	0.3477	0.3298	0.3572	0.3375
0.3587	0.3492	0.3203	0.3566	0.3383
0.3546	0.3460	0.3182	0.3558	0.3368
0.3551	0.3454	0.3175	0.3548	0.3348
0.3551	0.3450	0.3168	0.3548	0.3361
0.3546	0.3448	0.3163	0.3546	0.3351
0.3555	0.3457	0.3167	0.3553	0.3352
0.3556	0.3456	0.3169	0.3548	0.3357
0.3549	0.3448	0.3180	0.3557	0.3353
0.3534	0.3435	0.3142	0.3533	0.3333
0.3589	0.3438	0.3147	0.3537	0.3339
0.3532	0.3428	0.3144	0.3528	0.3335
0.3527	0.3426	0.3136	0.3523	0.3325
0.3501	0.3397	0.3112	0.3497	0.3291
0.3495	0.3393	0.3103	0.3497	0.3287
0.3487	0.3377	0.3098	0.3487	0.3283
0.3744	0.3218	0.3117	0.3445	0.3179
0.3476	0.3354	0.3067	0.3471	0.3259

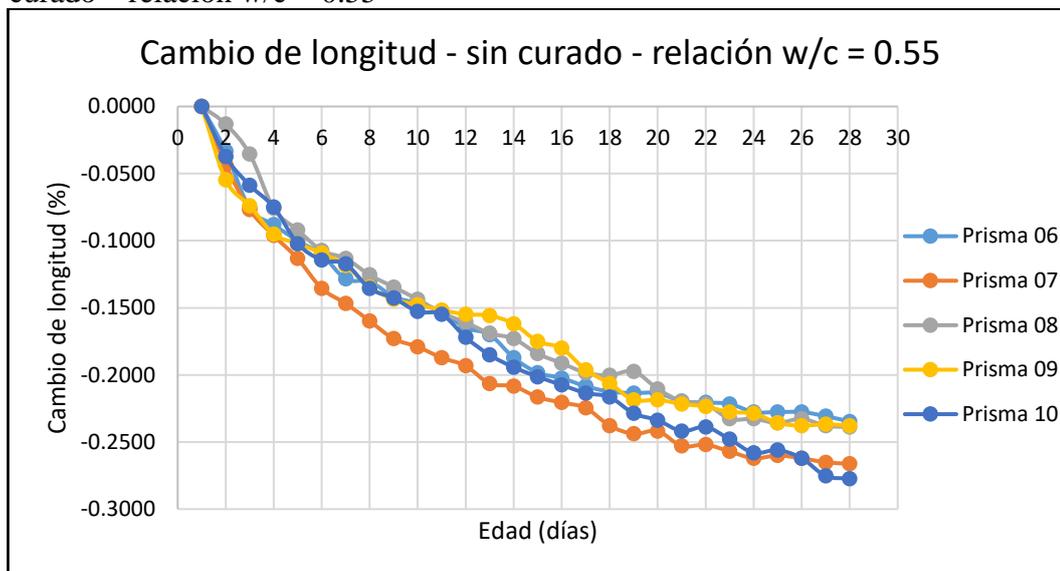
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 43: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado –
relación w/c = 0.55

Edad (días)	Contracción libre del concreto cemento - arena, sin curado 28 días al aire libre - Relación w/c = 0.55				
	Prisma 06	Prisma 07	Prisma 08	Prisma 09	Prisma 10
1	0	0	0	0	0
2	-0.03339439	-0.04351390	-0.01315536	-0.05464536	-0.03744219
3	-0.07589634	-0.07690829	-0.03541829	-0.07387243	-0.05869317
4	-0.08803975	-0.09613536	-0.07589634	-0.09512341	-0.07488438
5	-0.10018316	-0.11333853	-0.09208755	-0.10220707	-0.10220707
6	-0.11030267	-0.13560145	-0.10726682	-0.10929072	-0.11435048
7	-0.12851780	-0.14673292	-0.11333853	-0.11839828	-0.11738633
8	-0.13054170	-0.15988828	-0.12548194	-0.13458950	-0.13560145
9	-0.14167316	-0.17304365	-0.13458950	-0.14369706	-0.14268511
10	-0.14673292	-0.17911535	-0.14369706	-0.14774487	-0.15280462
11	-0.15280462	-0.18721096	-0.15381657	-0.15179267	-0.15482852
12	-0.16494804	-0.19328267	-0.16090023	-0.15482852	-0.17203169
13	-0.17000779	-0.20643803	-0.16899584	-0.15584048	-0.18518706
14	-0.18721096	-0.20846194	-0.17304365	-0.16191218	-0.19429462
15	-0.19834242	-0.21655754	-0.18417511	-0.17506755	-0.20137828
16	-0.20239023	-0.22060535	-0.19125877	-0.18012730	-0.20744998
17	-0.20846194	-0.22465315	-0.19834242	-0.19631852	-0.21352169
18	-0.21250974	-0.23780852	-0.20036633	-0.20643803	-0.21655754
19	-0.21352169	-0.24388023	-0.19733047	-0.21858145	-0.22870096
20	-0.21352169	-0.24185632	-0.21048584	-0.21858145	-0.23376071
21	-0.21959340	-0.25298779	-0.21959340	-0.22161730	-0.24185632
22	-0.22060535	-0.25197583	-0.22161730	-0.22364120	-0.23882047
23	-0.22161730	-0.25703559	-0.23274876	-0.22768901	-0.24792803
24	-0.22768901	-0.26209535	-0.23274876	-0.22870096	-0.25804754
25	-0.22768901	-0.26007144	-0.23578462	-0.23578462	-0.25602364
26	-0.22768901	-0.26209535	-0.23274876	-0.23780852	-0.26209535
27	-0.23072486	-0.26513120	-0.23780852	-0.23679657	-0.27525071
28	-0.23477267	-0.26614315	-0.23882047	-0.23780852	-0.27727461

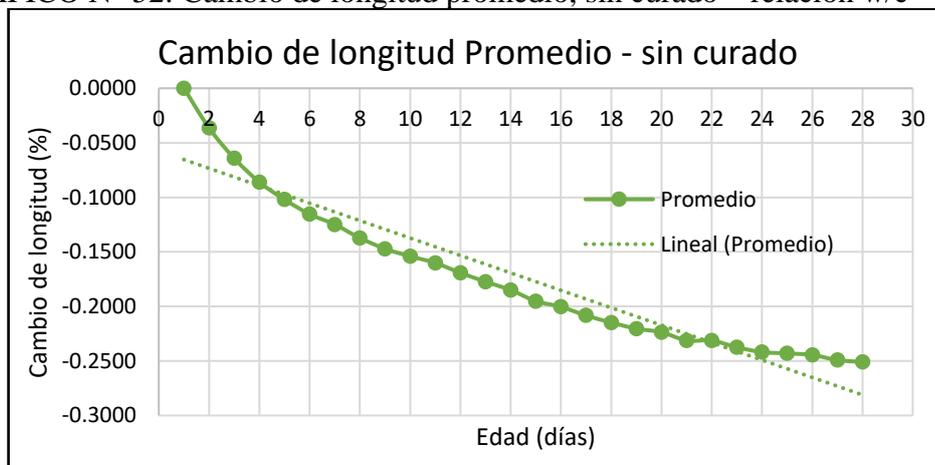
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 51: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.55



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 52: Cambio de longitud promedio, sin curado – relación w/c = 0.55



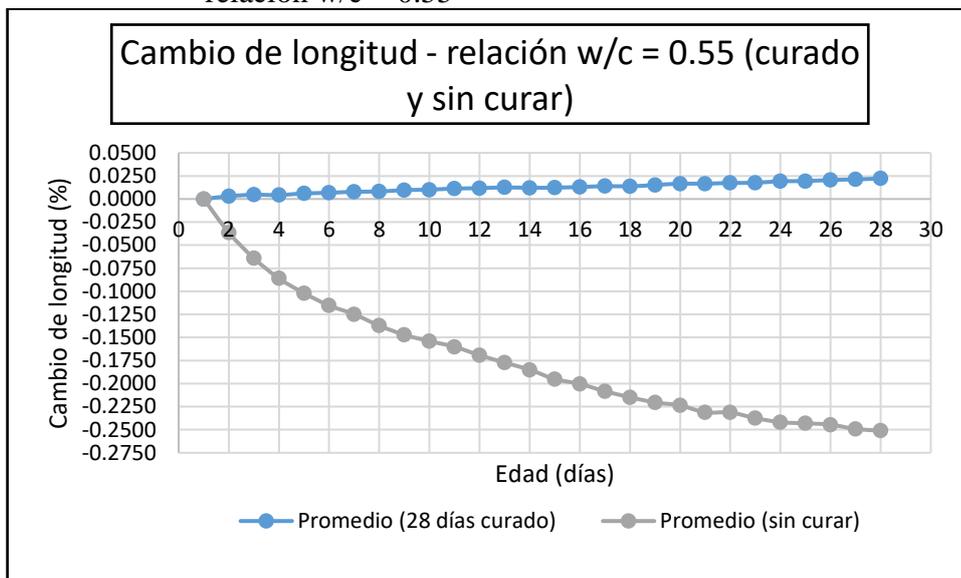
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 44: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado –
relación w/c = 0.55

Edad (días)	Concreto Cemento - Arena, Relación w/c = 0.55	
	Cambio de longitud (%) - Curado 28 días	Cambio de longitud (%) - Sin Curar
1	0	0
2	0.003035853	-0.036430241
3	0.004654975	-0.064157702
4	0.004250195	-0.086015847
5	0.006071707	-0.102004675
6	0.006678878	-0.11536243
7	0.007893219	-0.124874771
8	0.008095609	-0.137220575
9	0.009714731	-0.147137696
10	0.010119511	-0.154018964
11	0.011333853	-0.160090671
12	0.011738633	-0.169198231
13	0.012548194	-0.17729384
14	0.012143414	-0.184984669
15	0.012345804	-0.19510418
16	0.012952975	-0.200366326
17	0.013964926	-0.208259545
18	0.013762536	-0.214736033
19	0.015179267	-0.220402959
20	0.016595999	-0.223641203
21	0.016595999	-0.231129641
22	0.01740556	-0.231332031
23	0.01760795	-0.237403738
24	0.019227072	-0.241856323
25	0.019429462	-0.243070665
26	0.020643803	-0.244487396
27	0.021250974	-0.249142371
28	0.022262925	-0.250963883

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 53: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.55



Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 45: Cuadro de registro de los prismas de contracción, 28 días de curado – relación w/c = 0.60

28 días curado w/c = 0.60				
01	02	03	04	05
Lectura del espécimen de concreto (pulg)				
0.3447	0.3323	0.3305	0.3337	0.3338
0.3441	0.3341	0.3304	0.3338	0.3365
0.3376	0.3358	0.3316	0.3388	0.3372
0.3483	0.3372	0.3318	0.3367	0.3378
0.3481	0.3376	0.3319	0.3372	0.3382
0.3471	0.3371	0.3309	0.3373	0.3376
0.3475	0.3368	0.3346	0.3357	0.3405
0.3517	0.3439	0.3350	0.3415	0.3439
0.3513	0.3429	0.3352	0.3412	0.3438
0.3517	0.3434	0.3358	0.3441	0.3438
0.3519	0.3438	0.3357	0.3436	0.3425
0.3511	0.3455	0.3375	0.3435	0.3583
0.3509	0.3436	0.3336	0.3398	0.3432
0.3505	0.3428	0.3328	0.3394	0.3418
0.3509	0.3464	0.3329	0.3438	0.3425
0.3511	0.3454	0.3328	0.3430	0.3418
0.3524	0.3464	0.3342	0.3447	0.3432
0.3515	0.3449	0.3337	0.3430	0.3424
0.3514	0.3445	0.3332	0.3413	0.3426
0.3499	0.3428	0.3315	0.3400	0.3409
0.3513	0.3437	0.3321	0.3403	0.3417
0.3504	0.3432	0.3313	0.3408	0.3406
0.3507	0.3398	0.3284	0.3358	0.3378
0.3483	0.3401	0.3284	0.3367	0.3396
0.3478	0.3383	0.3274	0.3393	0.3364
0.3460	0.3385	0.3267	0.3374	0.3362
0.3465	0.3397	0.3311	0.3416	0.3517
0.3466	0.3378	0.3259	0.3358	0.3366

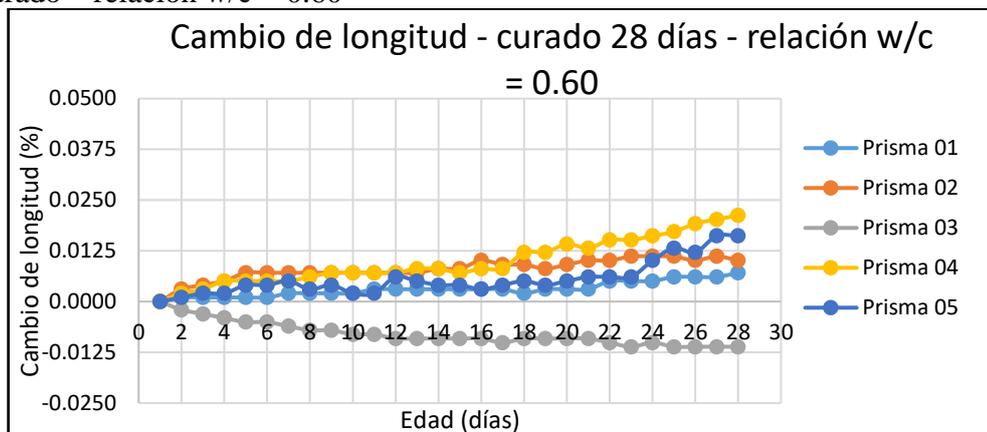
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 46: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.60

Edad (días)	Contracción libre del concreto cemento - arena, con curado 28 días al aire libre - Relación w/c = 0.60				
	Prisma 01	Prisma 02	Prisma 03	Prisma 04	Prisma 05
1	0	0	0	0	0
2	0.00101195	0.00303585	-0.0020239	0.0020239	0.00101195
3	0.00101195	0.00404780	-0.00303585	0.00303585	0.00202390
4	0.00101195	0.00505976	-0.0040478	0.00505976	0.00202390
5	0.00101195	0.00708366	-0.00505976	0.00505976	0.00404780
6	0.00101195	0.00708366	-0.00505976	0.00505976	0.00404780
7	0.00202390	0.00708366	-0.00607171	0.00505976	0.00505976
8	0.00202390	0.00708366	-0.00708366	0.00607171	0.00303585
9	0.00202390	0.00708366	-0.00708366	0.00708366	0.00404780
10	0.00202390	0.00708366	-0.00809561	0.00708366	0.00202390
11	0.00303585	0.00708366	-0.00809561	0.00708366	0.00202390
12	0.00303585	0.00708366	-0.00910756	0.00708366	0.00607171
13	0.00303585	0.00708366	-0.00910756	0.00809561	0.00505976
14	0.00303585	0.00809561	-0.00910756	0.00809561	0.00404780
15	0.00303585	0.00809561	-0.00910756	0.00708366	0.00404780
16	0.00303585	0.01011951	-0.00910756	0.00809561	0.00303585
17	0.00303585	0.00910756	-0.01011951	0.00809561	0.00404780
18	0.00202390	0.00910756	-0.00910756	0.01214341	0.00505976
19	0.00303585	0.00809561	-0.00910756	0.01214341	0.00404780
20	0.00303585	0.00910756	-0.00910756	0.01416732	0.00505976
21	0.00303585	0.01011951	-0.00910756	0.01315536	0.00607171
22	0.00505976	0.01011951	-0.01011951	0.01517927	0.00607171
23	0.00505976	0.01113146	-0.01113146	0.01517927	0.00607171
24	0.00505976	0.01113146	-0.01011951	0.01619122	0.01011951
25	0.00607171	0.01113146	-0.01113146	0.01720317	0.01315536
26	0.00607171	0.01011951	-0.01113146	0.01922707	0.01214341
27	0.00607171	0.01113146	-0.01113146	0.02023902	0.01619122
28	0.00708366	0.01011951	-0.01113146	0.02125097	0.01619122

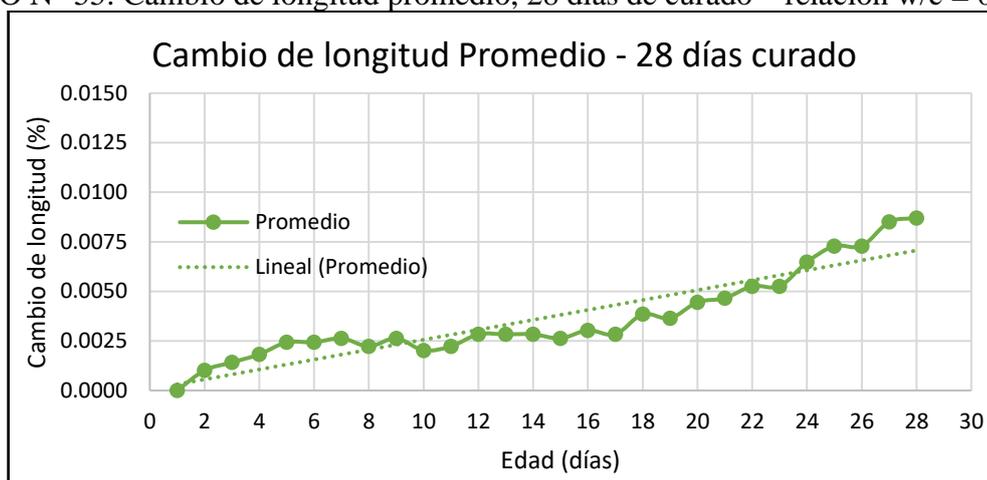
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 54: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.60



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 55: Cambio de longitud promedio, 28 días de curado – relación w/c = 0.60



Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 47: Cuadro de registro de los prismas de contracción, sin curado –
relación w/c = 0.60

Sin curado w/c 0.60				
06	07	08	09	10
Lectura del espécimen de concreto (pulg)				
0.3381	0.3365	0.3578	0.3274	0.3496
0.3347	0.3387	0.3579	0.3274	0.3496
0.3332	0.3389	0.3587	0.3268	0.3494
0.3374	0.3391	0.3577	0.3163	0.3474
0.3352	0.3384	0.3576	0.3119	0.3457
0.3335	0.3375	0.3564	0.3102	0.3445
0.3398	0.3428	0.3578	0.3089	0.3540
0.3480	0.3418	0.3588	0.3051	0.3445
0.3365	0.3405	0.3856	0.3102	0.3457
0.3349	0.3406	0.3576	0.3060	0.3448
0.3328	0.3402	0.3561	0.3062	0.3445
0.3327	0.3395	0.3577	0.3048	0.3434
0.3346	0.3390	0.3565	0.3045	0.3428
0.3333	0.3373	0.3543	0.3072	0.3402
0.3312	0.3470	0.3542	0.3009	0.3393
0.3315	0.3379	0.3533	0.3094	0.3407
0.3294	0.3372	0.3539	0.3075	0.3394
0.3285	0.3348	0.3530	0.2998	0.3388
0.3289	0.3356	0.3570	0.3060	0.3374
0.3308	0.3346	0.3535	0.3017	0.3372
0.3292	0.3346	0.3540	0.3046	0.3396
0.3268	0.3338	0.3529	0.3011	0.3407
0.3262	0.3330	0.3531	0.3010	0.3382
0.3228	0.3358	0.3519	0.2987	0.3386
0.3218	0.3338	0.3504	0.2990	0.3348
0.3197	0.3328	0.3487	0.2954	0.3368
0.3214	0.3378	0.3574	0.3110	0.3485
0.3204	0.3312	0.3478	0.2953	0.3444

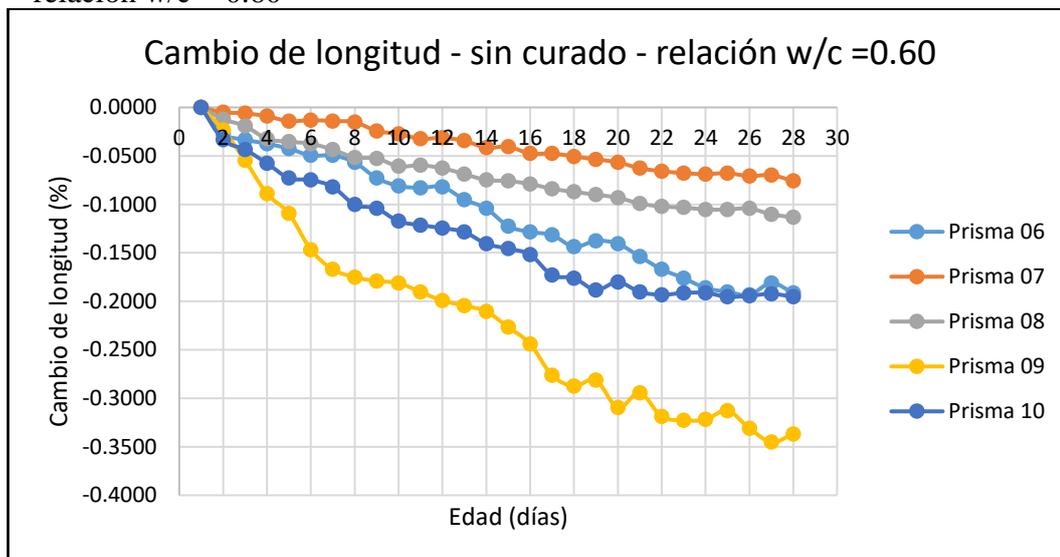
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 48: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado –
relación w/c = 0.60

Edad (días)	Contracción libre del concreto cemento - arena, sin curado - Relación w/c = 0.60				
	Prisma 06	Prisma 07	Prisma 08	Prisma 09	Prisma 10
1	0	0	0	0	0
2	-0.02732268	-0.00505976	-0.01214341	-0.02327488	-0.03339439
3	-0.03339439	-0.00607171	-0.01922707	-0.05464536	-0.04351390
4	-0.03744219	-0.00910756	-0.03238244	-0.08905170	-0.05768122
5	-0.04250195	-0.01416732	-0.03541829	-0.10929072	-0.07286048
6	-0.04958561	-0.01315536	-0.03744219	-0.14673292	-0.07488438
7	-0.04958561	-0.01416732	-0.04351390	-0.16697194	-0.08196804
8	-0.05666926	-0.01517927	-0.05160951	-0.17506755	-0.10018316
9	-0.07286048	-0.02428683	-0.05262146	-0.17911535	-0.10423097
10	-0.08095609	-0.02732268	-0.06071707	-0.18113925	-0.11738633
11	-0.08297999	-0.03238244	-0.05970512	-0.19024681	-0.12143414
12	-0.08196804	-0.03137049	-0.06274097	-0.19935438	-0.12446999
13	-0.09512341	-0.03440634	-0.06881268	-0.20441413	-0.12851780
14	-0.10423097	-0.0414900	-0.07488438	-0.21048584	-0.14066121
15	-0.12244609	-0.04047805	-0.07589634	-0.22667706	-0.14572096
16	-0.12851780	-0.0475617	-0.07893219	-0.24388023	-0.15179267
17	-0.13155365	-0.0475617	-0.08399194	-0.27626266	-0.17304365
18	-0.14369706	-0.05059756	-0.08702780	-0.28739412	-0.17607950
19	-0.13762536	-0.05363341	-0.09006365	-0.28132242	-0.18822291
20	-0.14066121	-0.05666926	-0.09309951	-0.30965705	-0.18012730
21	-0.15381657	-0.06274097	-0.09917121	-0.29447778	-0.19024681
22	-0.16697194	-0.06577682	-0.10220707	-0.31876461	-0.19328267
23	-0.17607950	-0.06780073	-0.10321902	-0.32281241	-0.19125877
24	-0.18619901	-0.06881268	-0.10524292	-0.32180046	-0.19125877
25	-0.19024681	-0.06780073	-0.10524292	-0.31269290	-0.19530657
26	-0.19328267	-0.07083658	-0.10423097	-0.33090802	-0.19429462
27	-0.18113925	-0.06982463	-0.11030267	-0.34507534	-0.19227072
28	-0.19125877	-0.07589634	-0.11333853	-0.33697973	-0.19530657

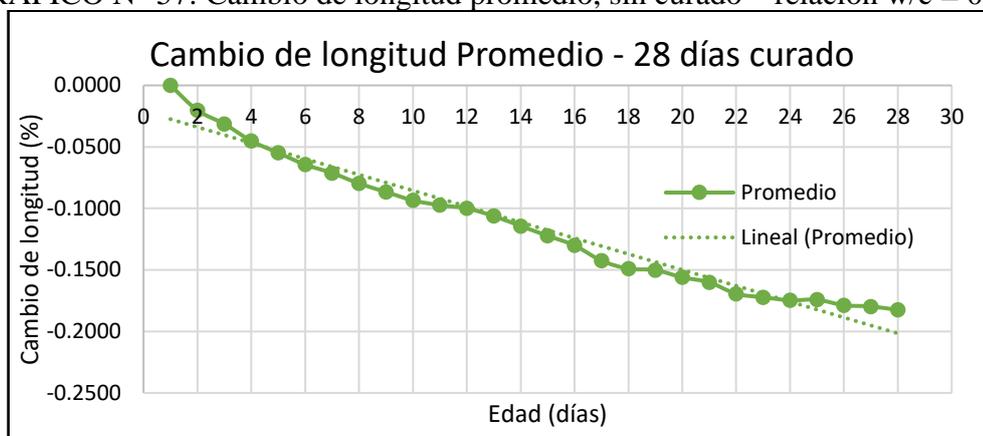
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 56: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.60



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 57: Cambio de longitud promedio, sin curado – relación w/c = 0.60



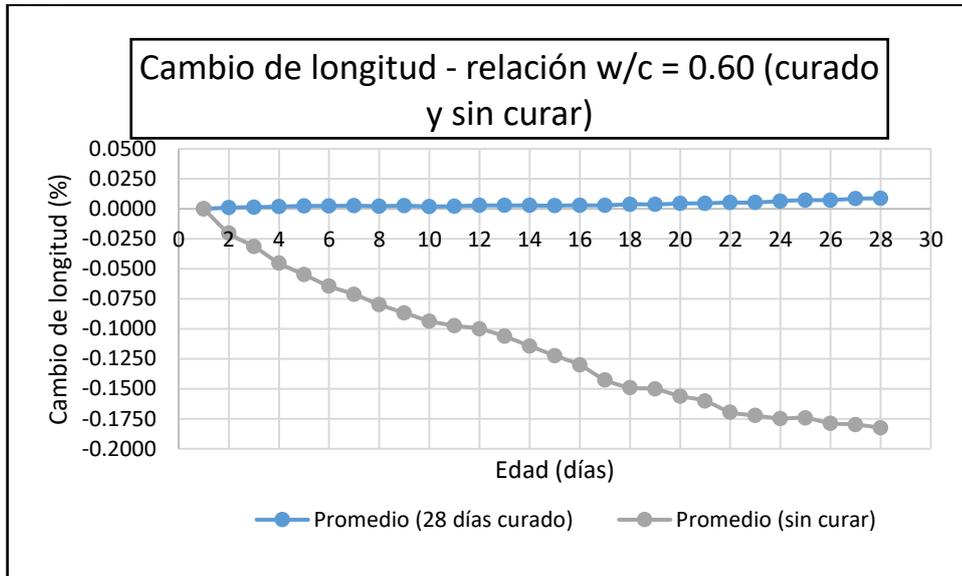
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 49: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado –
relación w/c = 0.60

Edad (días)	Concreto Cemento - Arena, Relación w/c = 0.60	
	Cambio de longitud (%) - Curado 28 días	Cambio de longitud (%) - Sin Curar
1	0	0
2	0.001011951	-0.020239023
3	0.001416732	-0.031370485
4	0.001821512	-0.045133021
5	0.002428683	-0.054847752
6	0.002428683	-0.064360093
7	0.002631073	-0.07124136
8	0.002226293	-0.07974175
9	0.002631073	-0.086623018
10	0.002023902	-0.093504286
11	0.002226293	-0.0973497
12	0.002833463	-0.099980773
13	0.002833463	-0.10625487
14	0.002833463	-0.114350479
15	0.002631073	-0.122243698
16	0.003035853	-0.130136917
17	0.002833463	-0.142482721
18	0.003845414	-0.148959208
19	0.003643024	-0.15017355
20	0.004452585	-0.156042866
21	0.004654975	-0.160090671
22	0.005262146	-0.169400621
23	0.005262146	-0.172234085
24	0.006476487	-0.174662767
25	0.007286048	-0.174257987
26	0.007286048	-0.178710572
27	0.00850039	-0.179722523
28	0.00870278	-0.182555986

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 58: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.60



Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 50: Cuadro de registro de los prismas de contracción, 28 días de curado – relación w/c = 0.70

28 días curado w/c = 0.70				
01	02	03	04	05
Lectura del espécimen de concreto (pulg)				
0.3107	0.2498	0.3303	0.3415	0.3538
0.3032	0.2504	0.3315	0.3424	0.3544
0.3131	0.3431	0.3323	0.2508	0.3121
0.3122	0.2512	0.3323	0.3432	0.3541
0.3112	0.2506	0.3318	0.3427	0.3538
0.3113	0.2548	0.3363	0.3457	0.3521
0.3155	0.2548	0.3373	0.3447	0.3473
0.3149	0.2541	0.3356	0.3459	0.3582
0.3152	0.2549	0.3365	0.3466	0.3571
0.3152	0.2547	0.3364	0.3467	0.3568
0.3141	0.2545	0.3348	0.3488	0.3578
0.3141	0.2545	0.3347	0.3469	0.3548
0.3135	0.2537	0.3351	0.3454	0.3542
0.3135	0.3129	0.3356	0.3457	0.3544
0.3134	0.2543	0.3356	0.3460	0.3530
0.3145	0.2557	0.3372	0.3462	0.3516
0.3135	0.3345	0.3464	0.3448	0.3506
0.3131	0.2540	0.3353	0.3445	0.3492
0.3113	0.2533	0.3346	0.3439	0.3480
0.3126	0.2544	0.3357	0.3450	0.3489
0.3114	0.2536	0.3348	0.3438	0.3478
0.3116	0.2514	0.3319	0.3411	0.3448
0.3091	0.2514	0.3322	0.3414	0.3450
0.3082	0.3500	0.3305	0.3401	0.3435
0.3064	0.2496	0.3298	0.3396	0.3419
0.3068	0.2745	0.3327	0.3433	0.3567
0.3068	0.2491	0.3292	0.3395	0.3415
0.3109	0.2542	0.3356	0.3445	0.3475

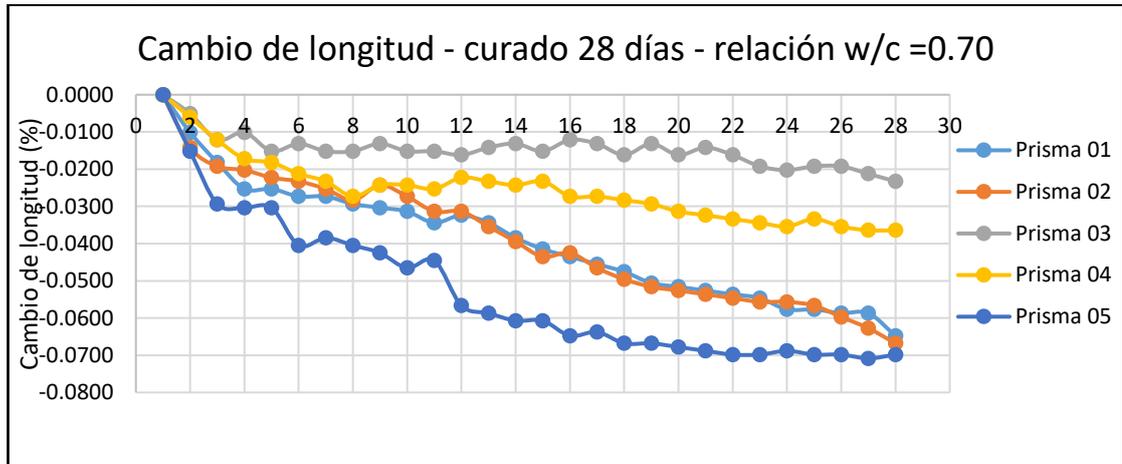
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 51: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.70

Edad (días)	Contracción libre del concreto cemento - arena, con curado 28 días al aire libre - Relación w/c = 0.70				
	Prisma 01	Prisma 02	Prisma 03	Prisma 04	Prisma 05
1	0	0	0	0	0
2	-0.01011951	-0.01416732	-0.00505976	-0.00607171	-0.01517927
3	-0.01821512	-0.01922707	-0.01214341	-0.01214341	-0.02934658
4	-0.02529878	-0.02023902	-0.01011951	-0.01720317	-0.03035853
5	-0.02529878	-0.02226293	-0.01517927	-0.01821512	-0.03035853
6	-0.02732268	-0.02327488	-0.01315536	-0.02125097	-0.04047805
7	-0.02732268	-0.02529878	-0.01517927	-0.02327488	-0.03845414
8	-0.02934658	-0.02833463	-0.01517927	-0.02732268	-0.04047805
9	-0.03035853	-0.02428683	-0.01315536	-0.02428683	-0.04250195
10	-0.03137049	-0.02732268	-0.01517927	-0.02428683	-0.04654975
11	-0.03440634	-0.03137049	-0.01517927	-0.02529878	-0.04452585
12	-0.03238244	-0.03137049	-0.01619122	-0.02226293	-0.05666926
13	-0.03440634	-0.03541829	-0.01416732	-0.02327488	-0.05869317
14	-0.03845414	-0.03946609	-0.01315536	-0.02428683	-0.06071707
15	-0.04149000	-0.0435139	-0.01517927	-0.02327488	-0.06071707
16	-0.04351390	-0.04250195	-0.01214341	-0.02732268	-0.06476487
17	-0.04553780	-0.04654975	-0.01315536	-0.02732268	-0.06375292
18	-0.04756170	-0.04958561	-0.01619122	-0.02833463	-0.06678878
19	-0.05059756	-0.05160951	-0.01315536	-0.02934658	-0.06678878
20	-0.05160951	-0.05262146	-0.01619122	-0.03137049	-0.06780073
21	-0.05262146	-0.05363341	-0.01416732	-0.03238244	-0.06881268
22	-0.05363341	-0.05464536	-0.01619122	-0.03339439	-0.06982463
23	-0.05464536	-0.05565731	-0.01922707	-0.03440634	-0.06982463
24	-0.05768122	-0.05565731	-0.02023902	-0.03541829	-0.06881268
25	-0.05768122	-0.05666926	-0.01922707	-0.03339439	-0.06982463
26	-0.05869317	-0.05970512	-0.01922707	-0.03541829	-0.06982463
27	-0.05869317	-0.06274097	-0.02125097	-0.03643024	-0.07083658
28	-0.06476487	-0.06678878	-0.02327488	-0.03643024	-0.06982463

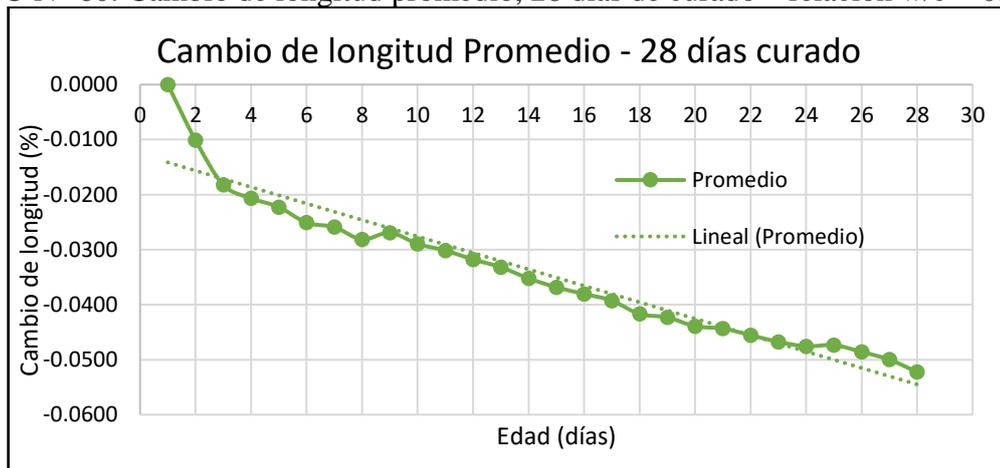
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 59: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, 28 días de curado – relación w/c = 0.70



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 60: Cambio de longitud promedio, 28 días de curado – relación w/c = 0.70



Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 52: Cuadro de registro de los prismas de contracción, sin curado –
relación w/c = 0.70

Sin curado w/c = 0.70				
06	07	08	09	10
Lectura del espécimen de concreto (pulg)				
0.2696	0.2724	0.3074	0.2760	0.2959
0.2604	0.2731	0.3081	0.2766	0.2964
0.2964	0.2768	0.3082	0.2731	0.2605
0.2601	0.2726	0.3075	0.2760	0.2958
0.2689	0.2711	0.3062	0.2749	0.2947
0.2688	0.2705	0.3063	0.2747	0.2953
0.2736	0.2746	0.1935	0.2754	0.2958
0.2717	0.2747	0.3106	0.2787	0.2983
0.2716	0.3746	0.3105	0.2783	0.2980
0.2613	0.2742	0.3099	0.2782	0.2975
0.2718	0.2745	0.3198	0.2782	0.2968
0.2617	0.2743	0.3055	0.2778	0.2948
0.2696	0.2725	0.3074	0.2758	0.2950
0.3250	0.2726	0.3074	0.2759	0.2950
0.2694	0.3266	0.3072	0.2759	0.2947
0.2702	0.2730	0.3082	0.2767	0.2954
0.2698	0.2726	0.3075	0.2764	0.2945
0.2696	0.2725	0.3075	0.2761	0.2945
0.2684	0.2711	0.3055	0.2745	0.2929
0.2690	0.2718	0.3060	0.2748	0.3037
0.2685	0.2712	0.3055	0.2745	0.2929
0.2681	0.2709	0.3054	0.2743	0.2929
0.2658	0.2685	0.3016	0.2716	0.2998
0.2654	0.2683	0.3011	0.2710	0.2895
0.2638	0.2669	0.2997	0.2694	0.2881
0.2573	0.2783	0.3114	0.2731	0.2897
0.2639	0.1826	0.2998	0.2695	0.2882
0.2675	0.2705	0.3053	0.2714	0.2889

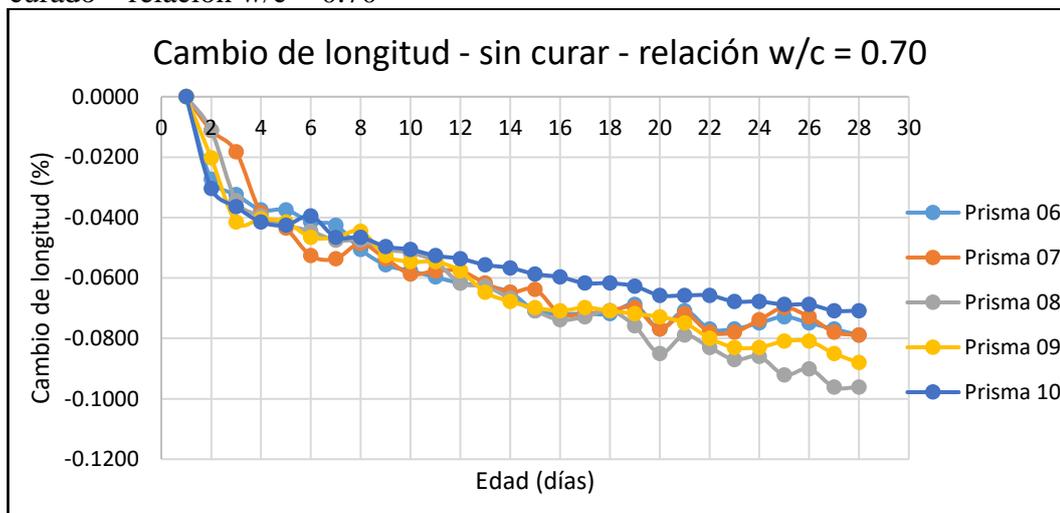
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 53: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado –
relación w/c = 0.70

Edad (días)	Contracción libre del concreto cemento - arena, sin curar - Relación w/c = 0.70				
	Prisma 06	Prisma 07	Prisma 08	Prisma 09	Prisma 10
1	0	0	0	0	0
2	-0.02732268	-0.01113146	-0.01113146	-0.02023902	-0.03035853
3	-0.03238244	-0.01821512	-0.03440634	-0.04149000	-0.03643024
4	-0.03744219	-0.03845414	-0.03946609	-0.04047805	-0.04149000
5	-0.03744219	-0.0435139	-0.04250195	-0.04149000	-0.04250195
6	-0.04149000	-0.05262146	-0.04452585	-0.04654975	-0.03946609
7	-0.04250195	-0.05363341	-0.0475617	-0.04654975	-0.04654975
8	-0.05059756	-0.04857365	-0.0475617	-0.04452585	-0.04654975
9	-0.05565731	-0.05363341	-0.05059756	-0.05262146	-0.04958561
10	-0.05768122	-0.05869317	-0.05160951	-0.05464536	-0.05059756
11	-0.05970512	-0.05768122	-0.05464536	-0.05464536	-0.05262146
12	-0.06172902	-0.05768122	-0.06172902	-0.05768122	-0.05363341
13	-0.06274097	-0.06172902	-0.06274097	-0.06476487	-0.05565731
14	-0.06476487	-0.06476487	-0.06678878	-0.06780073	-0.05666926
15	-0.07083658	-0.06375292	-0.07083658	-0.06982463	-0.05869317
16	-0.07184853	-0.07184853	-0.07387243	-0.07083658	-0.05970512
17	-0.07184853	-0.07184853	-0.07286048	-0.06982463	-0.06172902
18	-0.07184853	-0.07083658	-0.07083658	-0.07083658	-0.06172902
19	-0.06881268	-0.06982463	-0.07589634	-0.07184853	-0.06274097
20	-0.07690829	-0.07690829	-0.0850039	-0.07286048	-0.06577682
21	-0.07083658	-0.07184853	-0.07893219	-0.07488438	-0.06577682
22	-0.07690829	-0.07792024	-0.08297999	-0.07994414	-0.06577682
23	-0.07690829	-0.07792024	-0.08702780	-0.08297999	-0.06780073
24	-0.07488438	-0.07387243	-0.08601585	-0.08297999	-0.06780073
25	-0.07286048	-0.06982463	-0.09208755	-0.08095609	-0.06881268
26	-0.07488438	-0.07286048	-0.09006365	-0.08095609	-0.06881268
27	-0.07690829	-0.07792024	-0.09613536	-0.0850039	-0.07083658
28	-0.07893219	-0.07893219	-0.09613536	-0.08803975	-0.07083658

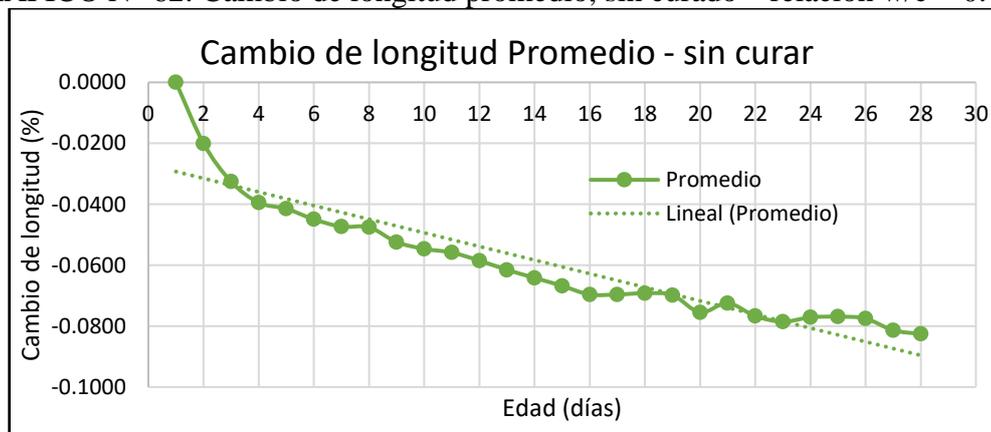
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 61: Cambio de longitud en el concreto cemento - arena, sin curado – relación w/c = 0.70



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 62: Cambio de longitud promedio, sin curado – relación w/c = 0.70



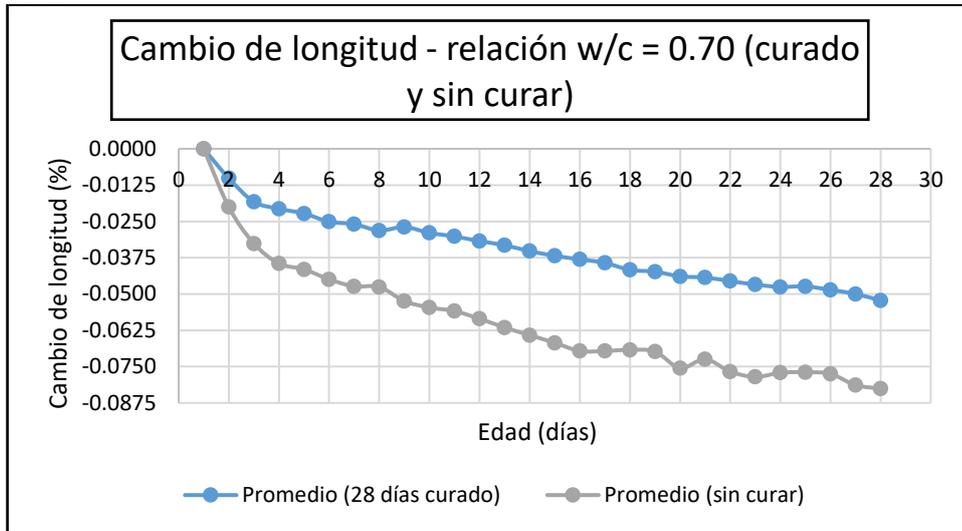
Fuente: Elaboración propia (2021)

TABLA N° 54: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado –
relación w/c = 0.70

Edad (días)	Concreto Cemento - Arena, Relación w/c = 0.70	
	Cambio de longitud (%) - Curado 28 días	Cambio de longitud (%) - Sin Curar
1	0	0
2	-0.010119511	-0.020036633
3	-0.018215121	-0.032584827
4	-0.020643803	-0.039466095
5	-0.022262925	-0.041489997
6	-0.025096388	-0.044930631
7	-0.025905949	-0.047359313
8	-0.028132242	-0.047561704
9	-0.026917900	-0.052419069
10	-0.028941803	-0.054645362
11	-0.030156144	-0.055859703
12	-0.031775266	-0.058490776
13	-0.033191997	-0.061526629
14	-0.035215900	-0.064157702
15	-0.036835022	-0.066788775
16	-0.038049363	-0.069622239
17	-0.039263704	-0.069622239
18	-0.041692387	-0.069217458
19	-0.042299558	-0.069824629
20	-0.043918680	-0.075491555
21	-0.044323460	-0.072455702
22	-0.045537801	-0.076705897
23	-0.046752143	-0.078527409
24	-0.047561704	-0.077110677
25	-0.047359313	-0.076908287
26	-0.048573655	-0.077515458
27	-0.049990386	-0.081360872
28	-0.052216679	-0.082575213

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 63: Cambio de longitud en el concreto, con curado y sin curado – relación w/c = 0.70



Fuente: Elaboración propia (2021)

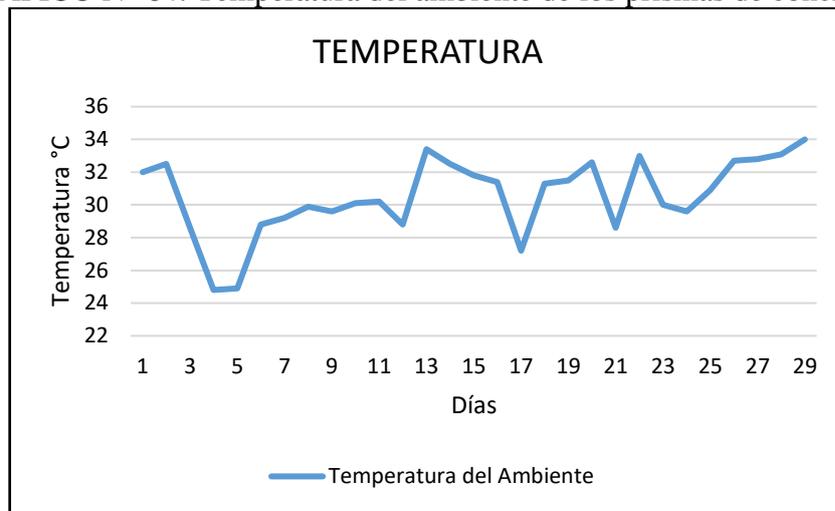
- Condiciones de temperatura y humedad relativa con que se registraron los valores del ensayo de contracción.

TABLA N° 55: Temperatura y humedad relativa del ambiente

TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE					
FECHA DE TOMA DE MUESTRA			N° DE DIAS	DATOS	
				TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
	martes	27/07/2021	1	32	67
JULIO	miércoles	28/07/2021	2	32.5	59
	jueves	29/07/2021	3	28.6	73
	viernes	30/07/2021	4	24.8	56
	sábado	31/07/2021	5	24.9	69
	domingo	01/08/2021	6	28.8	61
AGOSTO	lunes	02/08/2021	7	29.2	68
	martes	03/08/2021	8	29.9	56
	miércoles	04/08/2021	9	29.6	59
	jueves	05/08/2021	10	30.1	61
	viernes	06/08/2021	11	30.2	74
	sábado	07/08/2021	12	28.8	78
	domingo	08/08/2021	13	33.4	53
	lunes	09/08/2021	14	32.5	62
	martes	10/08/2021	15	31.8	67
	miércoles	11/08/2021	16	31.4	68
	jueves	12/08/2021	17	27.2	82
	viernes	13/08/2021	18	31.3	67
	sábado	14/08/2021	19	31.5	75
	domingo	15/08/2021	20	32.6	62
	lunes	16/08/2021	21	28.6	77
	martes	17/08/2021	22	33	63
	miércoles	18/08/2021	23	30	67
	jueves	19/08/2021	24	29.6	71
	viernes	20/08/2021	25	30.9	67
sábado	21/08/2021	26	32.7	56	
domingo	22/08/2021	27	32.8	56	
lunes	23/08/2021	28	33.1	59	
martes	24/08/2021	29	34	55	

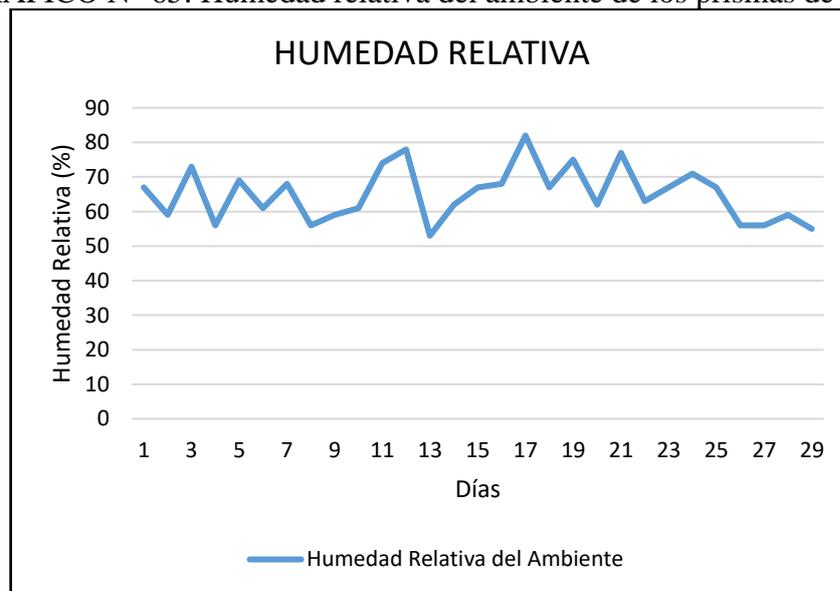
Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 64: Temperatura del ambiente de los prismas de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 65: Humedad relativa del ambiente de los prismas de concreto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En éste capítulo se desarrollará los principales resultados que se obtuvieron de la investigación realizada respecto al cambio de longitud en el concreto cemento – arena en la ciudad de Iquitos, se procede con el análisis de los resultados obtenidos con el fin de compararlos con resultados de otras investigaciones de las mismas líneas, el ensayo para determinar el cambio de longitud está referenciado con la norma internacional ASTM C – 490, se cumplió con el procedimiento de elaboración y curado de los prismas de concreto con riguroso cuidado para obtener valores no muy dispersos de la realidad. Posterior a esto se realizaron otros ensayos que son indispensables para el procesamiento de análisis de datos, como son la caracterización del agregado fino, diseños de mezclas de concreto cemento – arena, propiedades al estado fresco y endurecido del concreto cemento – arena. Los ensayos realizados se desarrollaron en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la UCP (Universidad Científica del Perú).

5.1. DISCUSIÓN

Se procede con el análisis de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos constituyentes de la investigación para su posterior evaluación:

- **Evaluación del cemento empleado.**

De acuerdo a la investigación se usó cemento Portland Tipo I (cemento Sol Tipo I) por ser de uso general y ser más comercial en nuestro medio, se optó por el tipo de cemento por no requerir de propiedades específicas, además cumple con la respectiva normativa y está clasificado dentro de la norma ASTM C 150, que corresponde a cementos sin adición.

- **Evaluación del agregado fino.**

- a. Se sabe que el agregado fino como tal debe cumplir con ciertos requisitos que son indispensables para el uso de concreto de peso normal, estas especificaciones están basadas en la NTP 400.037. El agregado fino empleado en ésta investigación no cumple con los requisitos de gradación estipulados en la norma. La arena ensayada se encuentra muy por debajo de los grupos de arenas finas, es decir, no cumple con la gradación de la NTP 400.037, no encontrándose en ningún grupo mencionadas en la norma, como son: Grupo C, que corresponde a arenas gruesas; Grupo M, corresponde a arenas intermedias y por último el Grupo F, que corresponde a arenas finas, pero la norma no restringe el uso de nuestro agregado marginal, pues permite el uso del agregado siempre y cuando cumplan y existan estudios calificados que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.
- b. Respecto al módulo de finura de nuestro agregado empleado da un valor promedio de 1.35, valor que no se encuentra dentro de los límites permitidos por la norma ASTM C 33, que debe ser mayor o igual a 2.3 y menor o igual a 3.1. Al obtener un valor de 1.35, indica que el módulo de fineza de bajo valor tendrá una superficie específica alta, lo que será necesario cubrir con pasta.
- c. La superficie específica obtenida de 76.48 cm²/gr, valor alto, sí corresponde a arenas de partículas finas, por lo tanto, el área superficial de las partículas a cubrir con pasta será mayor, entonces se requerirá mayor cantidad de agua y cemento para una consistencia determinada.
- d. El ensayo del material que pasa por la malla N° 200 es de 4.70 %. Valor muy alto que supera lo indicado según la norma ASTM C 33, donde recomiendan valores máximos que pasan por ésta malla de 3 % que se va a emplear en concreto sujetos a proceso abrasivos y un 5 % en otros concretos. Por la tanto si se usa éste agregado en

el diseño de mezclas de concreto cemento – arena, presentará mala resistencia a la abrasión en los pavimentos.

- e. El peso específico obtenido es 2.614 gr/cm^3 , está comprendido entre los valores comúnmente usados dentro de los límites de 2.6 a 3.0, en relación con la importancia del peso específico puede indicar que tan poroso, absorbente y débil puede ser un agregado.
- f. El valor de absorción según el promedio de los ensayos resultó de 0.43 %, resultando éste un valor promedio comprendido entre los ensayos realizados. El porcentaje de absorción cumple un rol muy importante dentro el agregado, ya que permite corregir las humedades de los agregados, éste es un indicador necesario para controlar el incremento de agua dentro de la mezcla para así obtener resistencias deseadas, si no se logra controlar la dosificación de agua en la mezcla la calidad de la resistencia a la compresión disminuirá notablemente.
- g. El peso unitario suelto y compactado obtenido son 1370 y 1540 Kg/m^3 , éstos valores obtenidos son el resultado del promedio de los ensayos, éste valor es requerido para las conversiones del concreto por peso y volumen, se observa que el resultado del peso unitario compactado es mayor respecto al peso suelto.
- h. Los valores obtenidos de contenidos de humedad encontrados al momento de realizar el diseño de mezcla son de 4.16 y 3.99 %, datos muy necesarios para las correcciones de humedad del agregado en la dosificación del diseño de mezcla.

- **Evaluación del concreto fresco.**

En la investigación realizada se trabajaron con las siguientes relaciones w/c: 0.55, 0.60 y 0.70 respectivamente, se trabajó con un rango de consistencia entre 2" a 3", porque si se trabaja con consistencias más sueltas la mezcla tiende a segregarse, propio del concreto cemento –arena. Previamente a esto se trabajaron con diseños de prueba para así poder hallar la consistencia prevista en el diseño. Además, la consistencia de una mezcla está en función de su contenido de agua y las características físicas del agregado.

El contenido de aire atrapado por el método gravimétrico en las relaciones de 0.55, 0.60 y 0.70 son de 7.33%, 7.42% y 7.96%, y por el método de presión se obtuvo 8.10%, 8.20% y 8.80%. Es notable que a mayor relación w/c se origina mayor contenido de aire atrapado dentro la mezcla, mayor que un concreto convencional.

Los valores obtenidos de temperatura del concreto cemento – arena recién mezclados para las relaciones de w/c 0.55, 0.60 y 0.70 son 33.30, 32.40 y 33.00 °C respectivamente, éstos valores se ven influenciados por las altas temperaturas de nuestra zona, también se debe considerar el aporte calorífico de cada uno de sus componentes, ya que la influencia de cada material depende de su calor específico, de su masa, y de su temperatura. Algo que no debemos hacer de lado, es el calor liberado por la hidratación del cemento, en este caso si tenemos relaciones de w/c bajas, el factor cemento producirá mayor calor de hidratación por las reacciones químicas que se presentan.

El peso unitario obtenido de los diseños de mezclas de relaciones w/c 0.55, 0.60 y 0.70 fueron 2047, 2038 y 2008 Kg/m³. Según esto podemos afirmar que a mayor relación w/c el valor de peso unitario disminuye, de manera que a menor relación w/c será mayor, o en todo caso más denso.

Los valores obtenidos en la exudación según cada relación w/c de 0.55, 0.60 y 0.70 son 5.90%, 7.13% y 7.36% respectivamente. Esto se da debido a la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, debido a la sedimentación de los sólidos, en este caso cuando la exudación es excesiva se debe tener en cuenta la granulometría del agregado. Una forma de controlar la exudación es con el empleo de agregado fino adecuadamente graduado.

- **Evaluación del concreto endurecido.**

- a. Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.55 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 217, 259 y 347 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 62.54%, 74.64% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.60 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 211, 256 y 315 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 66.98%, 81.27% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.70 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 151, 188 y 237 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 63.71%, 79.32% y 100.00% según los días ensayados.

De esto podemos observar que a mayor relación w/c, la resistencia a la compresión es menor. Esto se debe a la poca presencia de pasta que existen en la relación w/c = 0.70, al tener un bajo contenido de cemento contiene más agua que no intervienen el proceso de hidratación.

b. Cambio de longitud en el concreto.

- En cuanto al cambio de longitud para la relación $w/c = 0.55$ en la Tabla N° 56, se observa los siguientes resultados respecto a la variación de su longitud inicial sin curar y curado 28 días, un 100.0223% en el concreto curado 28 días y un 99.7490% para el concreto sin curar. En el concreto curado existe una pequeña expansión, mientras que en el concreto sin curar existe una pequeña contracción.

TABLA N° 56: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días – relación $w/c = 0.55$

Relación $w/c = 0.55$		
Descripción	Cambio de longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
Concreto sin curar	-0.250963883	99.7490
Concreto curado 28 días	+0.022262925	100.0223

Fuente: Elaboración propia (2021)

- En cuanto al cambio de longitud para la relación $w/c = 0.60$ en la Tabla N° 57, se observa los siguientes resultados respecto a la variación de su longitud inicial sin curar y curado 28 días, un 100.0087% en el concreto curado 28 días y un 99.8174% para el concreto sin curar. En el concreto curado existe una pequeña expansión, mientras que en el concreto sin curar existe una pequeña contracción.

TABLA N° 57: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días – relación $w/c = 0.60$

Relación $w/c = 0.60$		
Descripción	Cambio de longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
Concreto sin curar	-0.182555986	99.8174
Concreto curado 28 días	+0.00870278	100.0087

Fuente: Elaboración propia (2021)

- En cuanto al cambio de longitud para la relación $w/c = 0.70$ en la Tabla N° 58, se observa los siguientes resultados respecto a la variación de su longitud inicial sin curar y curado 28 días, un 99.9478% en el concreto curado 28 días y un 99.9174% para el concreto sin curar, en el concreto curado y sin curar existe una pequeña contracción.

TABLA N°58: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días – relación $w/c = 0.70$

Relación $w/c = 0.70$		
Descripción	Cambio de longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
Concreto sin curar	-0.082575213	99.9174
Concreto curado 28 días	-0.052216679	99.9478

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la Tabla N° 59, se observa la variación de la longitud de los prismas respecto a su longitud inicial sin curar, teniendo un 99.7490% en la relación $w/c = 0.55$, un 99.8174% en la relación $w/c = 0.60$ y un 99.9174% en la relación $w/c = 0.70$.

TABLA N°59: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar.

Descripción	Cambio longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
	Sin curar	
Relación $w/c = 0.55$	-0.250963883	99.7490 (contracción)
Relación $w/c = 0.60$	-0.182555986	99.8174 (contracción)
Relación $w/c = 0.70$	-0.082575213	99.9174 (contracción)

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la Tabla N°60, se observa la variación de la longitud de los prismas respecto a su longitud inicial curado 28 días, teniendo un 100.0223% en la relación w/c = 0.55, un 100.0087% en la relación w/c = 0.60 y un 99.9478% en la relación w/c = 0.70.

TABLA N°60: Porcentaje de variación de la longitud del concreto curado 28 días.

Descripción	Cambio longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
	Curado 28 días	
Relación w/c = 0.55	+0.022262925	100.0223 (expansión)
Relación w/c = 0.60	+0.00870278	100.0087 (expansión)
Relación w/c = 0.70	-0.052216679	99.9478 (contracción)

Fuente: Elaboración propia (2021)

- En nuestra investigación se mostraron ya los resultados obtenidos, mientras que (PALOMINO BADILLO, 2017) en su tesis denominada “Estudio del Concreto con Cemento Portland Tipo IP y Aditivo Superplastificante”, obtuvo los siguientes resultados de la variación respecto a su longitud inicial, un 99.9446% en el concreto patrón, un 99.9392% en su concreto con aditivo al 0.5%, un 99.9233% en su concreto con aditivo al 1% y un 99.9496% en el concreto con aditivo al 2%. Éstos valores son el resultado de la variación de la longitud de sus especímenes respecto a su longitud inicial sin curar. Es preciso mencionar que (PALOMINO BADILLO, 2017), el método que utiliza en su tesis, consiste en mantener un asentamiento dentro del rango de 3” – 4” para los cuatro tipos de diseños (concreto patrón, concreto con aditivo superplastificante al 0.5%, 1% y 2%), para una relación w/c = 0.70. Por tal motivo, solo redujo la cantidad de agua para mantener el asentamiento dentro del rango deseado para el

caso de los concretos con aditivos superplastificantes en sus tres dosificaciones.

Para la variación de la longitud de los especímenes respecto a su longitud inicial curado 28 días obtuvo los siguientes resultados, un 99.9996% en el concreto patrón, un 100.0028% en el concreto con aditivo al 0.5%, un 99.9834% en el concreto con aditivo al 1% y un 99.9887 en el concreto con aditivo al 2%.

TABLA N° 61: Porcentaje de variación de la longitud en los tipos de concreto sin curar con respecto a su longitud inicial.

Tipo de Concreto	Cambio de longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
Concreto patrón	-0.055394422	99.9446
Concreto con aditivo 0.5 %	-0.060756972	99.9392
Concreto con aditivo 1 %	-0.076667433	99.9233
Concreto con aditivo 2 %	-0.050396825	99.9496

Fuente: Palomino Badillo (2017)

En la Tabla N° 61, (PALOMINO BADILLO, 2017), en cambios de longitud del concreto sin curar se aprecia la tendencia a la contracción en sus cuatro tipos de concreto y esto se ve reflejado en los valores negativos de cambio de longitud. Mientras que en La Tabla N° 62, del concreto curado 28 días se aprecia una expansión en el concreto con aditivo al 0.5% pero en el orden de las milésimas y esto se ve reflejado en los valores positivos del cambio de longitud, mientras que en los demás tipos de contracción existe una tendencia a la contracción por los valores negativos que existen en sus resultados del cambio de longitud.

TABLA N° 62: Porcentaje de variación de la longitud en los tipos de concreto curado 28 días con respecto a su longitud inicial

Tipo de Concreto	Cambio de longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
Concreto patrón	-0.000398406	99.9996
Concreto con aditivo 0.5 %	+0.002846221	100.0028
Concreto con aditivo 1 %	-0.016642689	99.9833
Concreto con aditivo 2 %	-0.011297884	99.9887

Fuente: Palomino Badillo (2017)

Cabe mencionar que, en la investigación realizada por Palomino Badillo, se utiliza aditivo superplastificante para sus diseños, además, el tipo de cemento utilizado es el Tipo IP. Su caracterización de agregados cumple con todos los requisitos mínimos estipulados en la norma, tanto su agregado fino como su agregado grueso. En cambio, en nuestra investigación hacemos uso solo del agregado fino marginal (para el diseño de concreto cemento – arena) y el tipo de cemento utilizado es el tipo I. Haciendo esta comparación podemos ver que existen diferencias en la realidad con el uso de agregados. Se podría no hacer uso de este material en nuestra zona, pero investigaciones demuestran que existen resultados favorables en cuanto a la resistencia a la compresión de los testigos realizados.

5.2. CONCLUSIONES

La presente tesis tuvo como objetivo principal estudiar el comportamiento de cambio de longitud del concreto cemento – arena, utilizando cemento portland tipo I, en la ciudad de Iquitos. Además de ver la influencia del curado y la relación del w/c en el cambio de longitud en el concreto cemento – arena. Se desarrollaron ensayos de acuerdo a la norma, entre éstos tenemos la caracterización de los agregados, el concreto en su estado fresco y concreto en su estado endurecido. Se optó trabajar con tres

relaciones w/c en específico, 0.55, 0.60 y 0.70. Por cada relación se sacaron diez especímenes, 5 prismas para analizar el comportamiento de cambio de longitud sin curado y 5 curado durante 28 días, se trabajó de esta manera por cada relación.

En base a los resultados obtenidos y análisis de los mismos podemos concluir lo siguiente:

- El agregado fino utilizado en esta investigación respecto a la granulometría y su módulo de fineza no cumple con los requisitos mínimos establecidos por la norma NTP 400.037, la cual establece que el agregado fino en su módulo de fineza no será menor de 2.3 ni mayor de 3.1. Mientras que en nuestro caso se obtuvo un módulo de finura de 1.35. Nuestro agregado fino es considerado un agregado fino marginal.
- **Respecto a las propiedades del concreto en su estado fresco, en relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70, se concluye:**
 - a. Asentamiento: Existe una tendencia al incremento del asentamiento respecto de la relación de w/c = 0.55, encontramos que la mezcla respecto a sus asentamientos fue trabajable, porque se encuentran dentro del rango previsto y pretendido para el diseño. Se hallaron resultados de 2 ½", 2 ½" y 2 ¾" respecto de las relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70.
 - b. Peso unitario: Obtuvimos valores de 2047, 2038 y 2008 Kg/m³ respecto a las relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70. El peso unitario disminuye conforme se incrementa la relación w/c.
 - c. Contenido de aire: Existe una tendencia al incremento de contenido de aire, los valores van en incremento desde 8.10, 8.20 y 8.80% respecto de sus relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70. Éstos valores fueron encontrados en el laboratorio por el método de presión, los

valores obtenidos son muchos mayores que en un concreto convencional.

- d. Exudación: Si bien éste es un proceso por el cual el agua de la mezcla asciende a la superficie, muchas veces causa problemas que se deben de controlar. Siendo el porcentaje de exudación obtenido para las relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70 de 5.90%, 7.13% y 7.37%, se concluye que la exudación se incrementa o disminuye de manera directamente proporcional a la relación w/c. La exudación muchas veces da resultados desfavorables en la resistencia del concreto. Es decir, cuando aún existe agua de exudación en la superficie de los elementos de concreto puede causar fisuración.
- e. Temperatura: Respecto a la temperatura de la mezcla de concreto en la relación w/c = 0.55, se obtiene como resultado 33.30°C, en la relación w/c = 0.60, un valor de 32.40 °C y en la relación w/c = 0.70 un valor de 33.00 °C. Si las relaciones w/c son menores la temperatura de la mezcla del concreto serán mayores. En la investigación la temperatura del concreto no originó ningún problema en los resultados de resistencia.

- Respecto a las propiedades del concreto en su estado endurecido, en relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70, se concluye:

- a. Resistencia a la compresión: Se nota una tendencia de incremento de resistencia a la compresión a los 28 días de los testigos, la resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.55 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 217, 259 y 347 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 62.54%, 74.64% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.60 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes:

211, 256 y 315 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 66.98%, 81.27% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.70 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 151, 188 y 237 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 63.71%, 79.32% y 100.00% según los días ensayados. De esto podemos observar que a mayor relación w/c, la resistencia a la compresión serán menores. Pese a realizar los ensayos con agregado fino marginal se obtuvieron resultados favorables, en cuanto a la producción se observa que podemos obtener agregados aceptables dentro de determinados límites, En nuestro medio no contamos con agregado grueso, lo que conlleva a incrementar el costo del transporte del agregado, muchas veces no es ventajoso por el difícil acceso a la ciudad. De manera que compensamos empleando agregados finos marginales, usando resultados comprobados y buenos criterios de ingeniería.

- b. Resistencia a la tracción por compresión diametral: la resistencia a la tracción por compresión diametral obtenida para la relación w/c de 0.55 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 20.8, 24.6 y 26.2 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 79.39%, 93.89% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.60 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 17.5, 17.6 y 18.3 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 95.63%, 96.17% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.70 respectivamente para los 3, 7, y 28 días resultaron las siguientes: 14.3, 17.2 y 18.3 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 78.14%, 93.99% y 100.00% según los días ensayados. Según los resultados obtenidos podemos notar un

incremento a la resistencia a la tracción de la relación $w/c = 0.55$ respecto de las relaciones w/c de 0.60 y 0.70.

c. Módulo de elasticidad: Hay una tendencia de incremento del módulo elástico en el concreto de relación $w/c = 0.55$ a los 28 días respecto de la relación $w/c = 0.70$, obteniéndose valores de 256531.00 y 227557.00 Kg/cm² respectivamente. En la relación $w/c = 0.60$, se obtuvo un resultado de 250108.00 Kg/cm². Se observa que a relaciones mayores de w/c se obtendrá menos valor en el módulo elástico.

- **Se concluye respecto a los ensayos de cambio de longitud en el concreto para las relaciones w/c de 0.55, 0.60 y 0.70, en estado endurecido lo siguiente:**

a. Determinación del cambio de longitud en el concreto cemento – arena: Para el caso de los prismas de concreto cemento – arena sin curar y curado 28 días, se observa mediante la siguiente Tabla N° 63 la influencia del curado que da resultados un tanto favorables respecto a los cambios bruscos de longitud en el concreto. Mientras que para los prismas sin curar existe contracción en todas las relaciones w/c .

- Si se optaría por una relación w/c que no genere muchos cambios con respecto al volumen del concreto se trabajaría con la relación $w/c = 0.60$, por presentar cambios de expansión y contracción aceptables respecto a las relaciones w/c de 0.55 y 0.70.

TABLA N° 63: Porcentaje de variación de la longitud del concreto sin curar y curado 28 días.

Descripción	Variación de la longitud en el concreto (%)	
	Curado 28 días	Sin Curar
Relación w/c = 0.55	100.0223 (expansión)	99.7490 (contracción)
Relación w/c = 0.60	100.0087 (expansión)	99.8174 (contracción)
Relación w/c = 0.70	99.9478 (contracción)	99.9174 (contracción)

Fuente: Elaboración propia (2021)

- En la siguiente Tabla N° 64 se observa que el concreto de relación w/c = 0.55, presenta los mayores cambios de longitud, es decir, cuanto más rica sea en relación w/c los cambios de volumen en el concreto serán mayores, mientras que si se trabaja con relaciones menores de w/c existirá menos cambio de longitud en el concreto. Esto en un período de 28 días.

TABLA N° 64: Porcentaje de variación de la longitud del concreto curado 28 días.

Descripción	Cambio longitud (%)	Variación respecto a la longitud inicial (%)
	Curado 28 días	
Relación w/c = 0.55	+0.022262925	100.0223 (expansión)
Relación w/c = 0.60	+0.00870278	100.0087 (expansión)
Relación w/c = 0.70	-0.052216679	99.9478 (contracción)

Fuente: Elaboración propia (2021)

- Se necesita del curado para garantizar la continuación de la hidratación y el desarrollo de la resistencia y la mínima contracción

y expansión por secado del concreto cemento – arena. Respecto a nuestra investigación se hizo un control minucioso de la temperatura del ambiente y la humedad relativa para poder tomar nota y controlar las respectivas consecuencias desfavorables que muchas veces conllevan al cambio de volumen brusco, de ésta manera se tiene que curar el concreto para tener menos probabilidad de que el concreto se fisure.

- La identificación del cambio de volumen ocurre más en los primeros días, a medida que pasa el tiempo continúa más lentamente.
- Las fisuras se desarrollan porque el concreto es relativamente débil en tensión. Además, el cambio de volumen en el concreto cemento –arena empieza justo después de realizar el vaciado en los prismas, iniciando con el proceso de fraguado y la reacción del grado de hidratación del cemento. Los cambios de volumen durante las primeras 24 horas, pueden influenciar mucho en el cambio de volumen. Esto se evidencia especialmente en el concreto cemento – arena de baja relación agua – cemento, de relación $w/c = 0.55$.
- .
- De todo esto se concluye que a mayor relación w/c el cambio de longitud (contracción) será menor, de manera que la variable de agregado fino, el contenido de cemento y el contenido de agua son muy influyentes en éste proceso de cambio de longitud del concreto cemento – arena.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se debe registrar las condiciones del ambiente, en este caso temperatura y humedad relativa, para tener un mejor control y análisis de los resultados de cambio de longitud ya que estos factores son influyentes en el concreto y su cambio de longitud.
- Se debe realizar estudios del concreto cemento - arena empleando aditivos reductores de contracción, para así poder comparar con concretos normales que no impliquen el uso de ningún aditivo.
- Se recomienda investigar a las arenas de río como agregado fino marginal, para así poder tener un registro más amplio en el tema de cambio de longitud en el concreto cemento – arena, ya que en la investigación realizada se trabajó con el agregado fino de las canteras presentes en nuestra ciudad.
- Se debe llevar un control del cemento para el rango deseado de asentamiento en los diseños de mezcla, para así poder controlar la trabajabilidad de la mezcla, y las consecuencias que de éstas se derivan.
- Se debe llevar un control óptimo de la temperatura de los materiales y del concreto, de esta manera se mantendrá dentro de los límites especificados.
- Se debe verificar que el equipo de mezclado esté en óptimas condiciones de operación, y debemos registrar los sucesos que puedan afectar el proceso de mezclado.
- Durante el proceso de mezclado del concreto cemento – arena, al momento de colocar en la mezcladora seguir con el siguiente orden: agregado fino, cemento y por último el agua. De esta manera se

podrá mejorar con la homogenización del agregado fino con el cemento, posteriormente con el agua.

- Probar diferentes tipos de cemento para las relaciones w/c estudiadas, a fin de ver el grado de influencias que éstas tienen en el diseño de mezcla respecto al concreto en su estado fresco y endurecido, y principalmente en el cambio de longitud en el concreto.
- Una de las maneras de minimizar la fisuración en el concreto causada por las tensiones térmicas debido a la diferencia entre el concreto y el agua, es con el curado húmedo continuo.
- El concreto cemento – arena emplea un alto contenido de cemento por m³ de concreto, entonces se genera mayor calor de hidratación, de esa manera no se pueden preparar para resistencias mayores a 240 Kg/cm². Es decir, si se desea alcanzar mayor resistencia, se recomienda utilizar el agregado grueso, para evitar cambios volumétricos para el mejor control de la fisuración.

Referencias bibliográficas

1. **ARI, I.** *Estudio de las Propiedades del Concreto Fresco y Endurecido, de Mediana o Alta Resistencia con Aditivo Superplastificante y Retardador de Fraguado con Cemento Portland Tipo I.* Lima:UNI., 2002.
2. **BARBA SILVA, Ch. & GARCÍA SÁNCHEZ, V.** *Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento - Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la Cantera Irina Gabriela, Distrito de San Juan Bautista, Iquitos 2018*
3. **CARBAJAL DÁVILA, K. & PORTOCARRERO ESPIRILLA, G.** *Estudio Comparativo de la Fisuración del Concreto por Retracción Plástica con Aditivo Incorporadores de Aire Vs. Fibras de Polipropileno.* 2020.
4. **COILA TICONA, N. & LOAYZA CAHUA, J.** *Influencia de la Relación Agua/Cemento y el Agregado Fino en la Retracción y/o Contracción para concretos en Arequipa., 2015.*
5. **COMITÉ ACI 224.** *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón, Washington., 2001.*
6. **INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, (IMCYC).** *Contracción por Secado de Concreto, Ciudad de México., 2006.*
7. **INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, (IMCYC).** *Grietas en el Concreto debido a Contracción Plástica y Asentamiento Plástico, Ciudad de México., 2006.*
8. **KOSMATKA, S. KERKHOFF, B. PANARESE, W. TANESSI, J.** *Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association - PCA. Illinois, EE.UU. Primera Edición, 2004.*
9. **MARTÍNEZ AGURTO, J.** *Análisis de la Contracción por Secado de Mortero De Cemento Portland, Elaborado con Residuos de Conchas de Abanico.* 2019.

10. **MORRÓN LAGUNA, N. & SANTA CRUZ RODRIGUEZ, Y.** *Análisi del Cambio Volumétrico Del Concreto Endurecido debido a Diferentes Métodos de Curado en la Ciudad de Arequipa.*, 2015.
11. **NEVILLE, A. & BROOKS, J.** *Concrete Technology.* Ney York: John Wiley & Sons, Inc., 1985.
12. **PALOMINO BADILLO, MIGUEL ARMANDO.** *Estudio del Concreto con Cemento Portland Tipo IP y Aditivo Superplastificante.* Lima: UNI., 2017.
13. **PASQUEL CARBAJAL, E.** *Tópicos de Tecnología del Concreto.* Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional. Lima : 2da Edición, 1999.
14. **RIVVA LÓPEZ, E.** *Materiales para el Concreto.* Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia., 2008.
15. **RODRIGUEZ DÁVILA, P.** *Estudio del Concreto con Aditivo Reductor de Contracción, Utilizando Cemento Portland Tipo I.* Lima: UNI., 2010.

ANEXO A

- Matriz de Consistencia

Anexo: Matriz de consistencia.

Título	Problema General y Específicos	Objetivo General y Específicos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Diseño de Investigación	Métodos y Técnicas de Investigación	Población y Muestra de Estudio
<p>“Estudio de la Contracción del Concreto Cemento – Arena, utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos - 2021”.</p>	<p>General</p> <p>¿Cómo influye el uso del cemento Portland Tipo I en el control de cambio de longitud asociada a la contracción del concreto cemento – arena en Iquitos 2021?</p> <p>Específicos</p> <p>1. ¿Cómo influye el curado en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021?</p> <p>2. ¿Cómo es la influencia de la relación agua/cemento en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021?</p>	<p>General</p> <p>Estudiar el comportamiento del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I para la medición de la contracción en Iquitos 2021</p> <p>Específicos</p> <p>1.- Estudiar la influencia del curado en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021</p> <p>2.- Estudiar la Influencia de la relación agua/cemento en el cambio de longitud del concreto cemento – arena en Iquitos 2021.</p>	<p>La utilización del cemento Portland Tipo I contribuye positivamente en el control del cambio de longitud asociada a la contracción en el concreto cemento – arena en Iquitos 2021.</p>	<p>$X = V_1$</p> <p>Diseño del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos 2021</p> <p>Indicadores:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua NTP 339.088 2. Agregados NTP 400.010 3. Granulometría NTP 400.012 4. Contenido de humedad NTP 339.185 5. Asentamiento NTP 339.035 <p>$Y = V_2$</p> <p>Estudio de la contracción del concreto cemento – arena.</p> <p>Indicadores:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Humedad relativa 2. Velocidad del viento 3. Temperatura del ambiente 	<p>El presente proyecto de investigación es de tipo Experimental, no obstante, al describir las variables se manipulará la variable independiente (Diseño del concreto cemento – arena utilizando cemento Portland Tipo I, Iquitos 2021) para determinar efectos en la variable dependiente.</p> <p>Su esquema es:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $GE: O_1 \quad X \quad O_2$ </div> <p>Donde:</p> <p>GE: Grupo Experimental</p> <p>O1: Pre-prueba (Pre Test o Medición)</p> <p>X: Experimento o tratamiento</p> <p>O2: Post-prueba (post Test o Medición)</p>	<p>MÉTODOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Experimental. · Analítico · Descriptivo <p>TÉCNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Trabajo de gabinete. -Análisis documental. - Trabajo de campo: Medición y ensayos correspondientes a la investigación. 	<p>POBLACIÓN:</p> <p>Estará conformada por los agregados (agregado fino) procedentes del Distrito de San Juan Bautista.</p> <p>MUESTRA:</p> <p>La muestra estará conformada por probetas cilíndricas distribuidas de la siguiente manera: 7 probetas de 4 x 8 pulg. para el ensayo de compresión, 7 probetas de 4 x 8 pulg. para el ensayo de compresión diametral (Tracción), 4 probetas de 4 x 8 pulg. para el ensayo de Módulo de elasticidad y 10 moldes prismáticos de 75 x 75 x 285 mm. Para el ensayo de contracción libre con curado y sin curado.</p>

ANEXO B

- Caracterización del Agregado Fino

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

AGREGADO FINO

Procedencia: Carretera Iquitos – Nauta

- Peso Unitario Suelto

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO ASTM C - 29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	6793	6792	6804
PESO DE MOLDE (gr.)	2923	2923	2923
PESO DE MUESTRA	3870	3869	3881
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.369	1.369	1.373
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,370		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al Laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1370 Kg/m3.

- Peso Unitario Compactado

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO ASTM C - 29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7279	7280	7274
PESO DE MOLDE (gr.)	2923	2923	2923
PESO DE MUESTRA	4356	4357	4351
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.541	1.541	1.539
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,540		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al Laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado fino es 1540 Kg/m3.

- **Peso específico y Absorción del agregado fino.**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO
ASTM C - 128**

Agregado Fino

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	307.07	295.67	
B	Peso Frasco + H2O	707.51	723.11	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)	1014.58	1018.78	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco	897.84	905.92	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)	116.74	112.86	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	305.96	294.21	
G	Vol. Masa = (E-A+F)	115.63	111.40	
Peso Específico Bulk (Base Seca)= (F/E)		2.621	2.607	2.614
Peso Específico Bulk (Base Saturada)= (A/E)		2.630	2.620	2.625
Peso Específico Aparente (Base Seca)=(F/G)		2.646	2.641	2.644
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		0.36	0.50	0.43

- **Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200**

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200
ASTM C - 117**

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + TARA (gr)	314.05	302.51	318.98
PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (gr)	304.04	291.42	307.57
PESO DE TARA (gr)	90.23	78.03	75.14
% QUE PASA LA MALLA N°200	4.47	4.94	4.68
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200	4.70		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Cantidad de Material Fino que Pasa por el Tamiz N°200 se desarrolló según la Norma ASTM C 117.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado fino es 4.70 %.

ANEXO C

- Diseño de Mezcla de las diferentes relaciones w/c

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA

- Diseño de mezcla del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.55

DISEÑO DE CONCRETO CEMENTO - ARENA					
MATERIALES					
CEMENTO	SOL TIPO I				
Peso Específico	3.15	gr/cm ³			
Peso Unitario	1500	kg/m ³			
DATOS DE LABORATORIO					
DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO			
Peso Específico	gr/cm ³	2.614			
Porcentaje de Absorción :	%	0.43			
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1,370			
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1,540			
Modulo de Fineza		1.35			
Humedad para Diseño	%	4.16			
DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN					
Asentamiento Slump					2 1/2"
Estimación de Agua					285.00 Lts/m ³
Relacion Agua/Cemento (A/C)					0.55
Factor Cemento	285	/	0.55	=	518.20 = 12.19 Bls/m ³
Contenido de Aire Atrapado					8.50 %
CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS DE LA MEZCLA					
Cemento	518.20	/	3120	=	0.166 m ³
Agua	285.00	/	1000	=	0.285 m ³
Aire Atrapado	8.50	/	100	=	0.085 m ³
					0.536 m ³
Volumen Absoluto de los agregados	1.000	-	0.536	=	0.464 m ³
Peso del Agregado Fino	0.464	x	2614	=	1212.6 kg
VALORES DE DISEÑO					
Cemento					518.2 Kg/m ³
Agua					285 Lts/m ³
Agregado Fino					1212.6 Kg/m ³

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
Peso Humedo del A. Fino	1212.60	x	1.0416	=	1263.1 Kg/m3
Humedad Superficial A. Fino	4.16	-	0.60	=	3.56 %
Aporte de Humedad A. Fino	1212.60	x	0.035647	=	43.2254 Lts
Agua Efectiva de Diseño	285.00	-	43.23	=	241.77 Lts
VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD					
Cemento					518.2 Kg/m3
Agua					241.8 Lts/m3
Agregado Fino					1263.1 Kg/m3
PROPORCIÓN EN PESO (KG)					
Cemento	518.20	/	518.20	=	1.00
Agregado Fino	1263.10	/	518.20	=	2.44
Agua	0.47	x	42.50	=	19.98
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua		
	1	2.44	19.98	Lt/m3	
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie3					
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino					1491.64 Kg/m3
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua		
	1	2.43	19.98	Lt/m3	
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO					
Cemento			42.50		Kg
Agregado Fino			103.70		Kg
Agua Efectiva			20.00		Lts

- Diseño de mezcla del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.60

DISEÑO DE CONCRETO CEMENTO - ARENA				
MATERIALES				
CEMENTO	SOL TIPO I			
Peso Específico		3.15	gr/cm3	
Peso Unitario		1500	kg/m3	
DATOS DE LABORATORIO				
DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO		
Peso Específico	gr/cm3			2.614
Porcentaje de Absorción	%			0.43
Peso Unitario Suelto	kg/m3			1,370
Peso Unitario Compactado	kg/m3			1,540
Modulo de Fineza				1.35
Humedad para Diseño	%			4.16
DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN				
Asentamiento Slump				2 1/2"
Estimación de Agua				285.00 Lts/m3
Relacion Agua/Cemento (A/C)				0.60
Factor Cemento		285.00 / 0.60 =	475	11.18 Bls/m3
Contenido de Aire Atrapado				8.50 %
CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS DE LA MEZCLA				
Cemento		475 /	3120 =	0.152 m3
Agua		285.00 /	1000 =	0.285 m3
Aire Atrapado		8.50 /	100 =	0.085 m3
				0.522 m3
Volumen Absoluto de los agregados		1.000 -	0.522 =	0.478 m3
Peso del Agregado Fino		0.478 x	2614 =	1248.8 kg
VALORES DE DISEÑO				
Cemento				475 Kg/m3
Agua				285 Lts/m3
Agregado Fino				1248.8 Kg/m3

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
Peso Humedo del A. Fino	1248.79	x	1.0416	=	1300.8 Kg/m3
Humedad Superficial A. Fino	4.16	-	0.60	=	3.56 %
Aporte de Humedad A. Fino	1248.79	x	0.035647	=	44.515 Lts
Agua Efectiva de Diseño	285.00	-	44.52	=	240.48 Lts
VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD					
Cemento					475 Kg/m3
Agua					240.5 Lts/m3
Agregado Fino					1300.8 Kg/m3
PROPORCIÓN EN PESO (KG)					
Cemento	475.00	/	475.00	=	1.00
Agregado Fino	1300.8	/	475.00	=	2.74
Agua	0.51	x	42.50	=	21.68
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua		
	1	2.74	21.68		Lt/m3
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie3					
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino					1491.64 Kg/m3
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua		
	1	2.73	21.68		Lt/m3
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO					
Cemento			42.50		Kg
Agregado Fino			116.50		Kg
Agua Efectiva			21.70		Lts

- Diseño de mezcla del concreto cemento – arena, relación w/c = 0.70

DISEÑO DE CONCRETO CEMENTO - ARENA			
MATERIALES			
CEMENTO	SOL TIPO I		
Peso Específico		3.15	gr/cm3
Peso Unitario		1500	kg/m3
DATOS DE LABORATORIO			
DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO	
Peso Específico	gr/cm3		2.614
Porcentaje de Absorción	%		0.43
Peso Unitario Suelto	kg/m3		1,370
Peso Unitario Compactado	kg/m3		1,540
Modulo de Fineza			1.35
Humedad para Diseño	%		3.99
DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN			
Asentamiento Slump			2 1/2"
Estimación de Agua			290.00 Lts/m3
Relacion Agua/Cemento (A/C)			0.70
Factor Cemento	290.0 / 0.70 =	414.3	9.75 Bls/m3
Contenido de Aire Atrapado			8.50 %
CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS DE LA MEZCLA			
Cemento	414.3 /	3120 =	0.133 m3
Agua	290.00 /	1000 =	0.29 m3
Aire Atrapado	8.50 /	100 =	0.085 m3
			0.508 m3
Volumen Absoluto de los agregados	1.000 -	0.508 =	0.492 m3
Peso del Agregado Fino	0.492 x	2614 =	1286.6 kg
VALORES DE DISEÑO			
Cemento			414.3 Kg/m3
Agua			290 Lts/m3
Agregado Fino			1286.6 Kg/m3

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
Peso Humedo del A. Fino	1286.57	x	1.0399	=	1337.91 Kg/m3
Humedad Superficial A. Fino	3.99	-	0.60	=	3.39 %
Aporte de Humedad A. Fino	1286.57	x	0.033898	=	43.6118 Lts
Agua Efectiva de Diseño	290.00	-	43.61	=	246.39 Lts
VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD					
Cemento					414.3 Kg/m3
Agua					246.4 Lts/m3
Agregado Fino					1337.9 Kg/m3
PROPORCIÓN EN PESO (KG)					
Cemento	414.30	/	414.30	=	1.00
Agregado Fino	1337.91	/	414.30	=	3.23
Agua	0.59	x	42.50	=	25.08
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua		
	1	3.23	25.08		Lt/m3
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie3					
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino					1489.13 Kg/m3
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua		
	1	3.23	25.08		Lt/m3
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO					
Cemento					42.50 Kg
Agregado Fino					137.30 Kg
Agua Efectiva					25.10 Lts

ANEXO D

- Propiedades del Concreto Fresco
- Propiedades del Concreto Endurecido
- Ensayos de Contracción

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

- **Peso Unitario del Concreto, relación w/c = 0.55**

PESO UNITARIO DEL CONCRETO NTP 339.046

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17723	17863	17890
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14377	14517	14544
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm ³)	2.032	2.052	2.056
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm³)	2.04684		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)	2046.84		

- **Peso Unitario del Concreto, relación w/c = 0.60**

PESO UNITARIO DEL CONCRETO NTP 339.046

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17755	17769	17796
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14409	14423	14450
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm ³)	2.037	2.039	2.043
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm³)	2.03789		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)	2037.89		

- **Peso Unitario del Concreto, relación w/c = 0.70**

PESO UNITARIO DEL CONCRETO NTP 339.046

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17553	17530	17573
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14207	14184	14227
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm ³)	2.008	2.005	2.011
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm³)	2.00820		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)	2008.20		

EXUDACIÓN DEL CONCRETO

- Exudación del concreto, relación w/c = 0.55

EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Relación agua-cemento	0.55
Diámetro del recipiente	25.83 cm
Área del concreto expuesto	524.01 cm ²
Peso de la mezcla + recipiente	42245 gr
Peso del recipiente	15650 gr
Peso de la muestra	26595 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregados	288.64 Kg
Peso del concreto por metro cúbico	2046.84 Kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	Volumen del agua Extraída (ml)	Agua de Exudación (ml/cm ²)
09:39	10	0	0
09:49	20	37.4	0.071
09:59	30	47.5	0.091
10:09	40	39.6	0.076
10:19	70	36.8	0.070
10:49	100	47.7	0.091
11:19	130	10.19	0.019
11:49	160	2.22	0.004
12:19	190	0	0
Total		221.41	0.423

Peso del agua en la muestra	=	3750.36	gr
Exudación	=	5.904	(%)

- Exudación del concreto, relación w/c = 0.60

EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Relación agua-cemento	0.60
Diámetro del recipiente	25.83 cm
Área del concreto expuesto	524.01 cm ²
Peso de la mezcla + recipiente	41965 gr
Peso del recipiente	15650 gr
Peso de la muestra	26315 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregados	288.36 Kg
Peso del concreto por metro cúbico	2037.89 Kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	Volumen del agua Extraída (ml)	Agua de Exudación (ml/cm ²)
09:15	10	0	0
09:25	20	47.07	0.090
09:35	30	45.53	0.087
09:45	40	43.85	0.084
09:55	70	48.2	0.092
10:25	100	63.79	0.122
10:55	130	13.87	0.026
11:25	160	3.29	0.006
11:55	190	0	0
Total		265.6	0.507

Peso del agua en la muestra	=	3723.55 gr
Exudación	=	7.133 (%)

- Exudación del concreto, relación w/c = 0.70

EXUDACIÓN DEL CONCRETO ASTM C - 232

Relación agua-cemento	0.70
Diámetro del recipiente	25.83 cm
Área del concreto expuesto	524.01 cm ²
Peso de la mezcla + recipiente	41520 gr
Peso del recipiente	15650 gr
Peso de la muestra	25870 gr
Peso del agua por metro cúbico del concreto sin agua absorbida por agregados	291.71 Kg
Peso del concreto por metro cúbico	2008.2 Kg

HORA (h:min)	Tiempo (min)	Volumen del agua Extraída (ml)	Agua de Exudación (ml/cm ²)
11:39	10	0	0
11:49	20	92.62	0.177
11:59	30	82.3	0.157
12:09	40	55.83	0.107
12:19	70	26.32	0.050
12:49	100	19.17	0.037
01:19	130	1.32	0.003
01:49	160	0	0
Total		277.56	0.530

Peso del agua en la muestra	=	3757.86	gr
Exudación	=	7.386	(%)

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- Resistencia a la Compresión a los 3 días, relación w/c = 0.55

ENSAYO DE COMPRESIÓN
SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: 0.55 Condición : 3 días curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.86	169.1	17,240	76.356	226	217
2	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.95	161.3	16,452	77.756	212	
3	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.98	165.6	16,884	78.148	216	
4	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	159.5	16,261	77.991	209	
5	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	10.00	166.3	16,958	78.54	216	
6	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.98	164.6	16,786	78.226	215	
7	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.88	168.0	17,128	76.666	223	

DESVIACIÓN ESTANDAR
5.94

VARIANZA
35.24

COEF. DE VARIACION
2.74

- Resistencia a la Compresión a los 7 días, relación w/c = 0.55

ENSAYO DE COMPRESIÓN SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.55** Condición : **7 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.90	188.5	19,224	76.977	250	259
2	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.92	199.1	20,305	77.21	263	
3	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.93	196.7	20,053	77.366	259	
4	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.90	204.5	20,853	76.899	271	
5	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.93	199.4	20,328	77.444	262	
6	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.93	188.2	19,195	77.444	248	
7	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.01	198.4	20,227	78.697	257	

DESVIACIÓN ESTANDAR
7.89

VARIANZA
62.29

COEF. DE VARIACION
3.05

- Resistencia a la Compresión a los 28 días, relación w/c = 0.55

ENSAYO DE COMPRESIÓN SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento:

0.55

Condición

: **28 días curado**

Nº Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.77	266.1	27,133	74.969	362	347
2	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.78	251.1	25,604	75.122	341	
3	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.78	245.5	25,038	75.122	333	
4	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.80	246.0	25,082	75.353	333	
5	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.77	260.3	26,541	74.969	354	
6	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.77	261.3	26,640	74.969	355	
7	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.76	257.4	26,252	74.815	351	

DESVIACIÓN ESTANDAR
11.42

VARIANZA
130.33

COEF. DE VARIACION
3.29

- Resistencia a la Compresión a los 3 días, relación w/c = 0.60

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Condición : **3 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.93	155.3	15,836	77.444	204	211
2	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.96	157.9	16,098	77.913	207	
3	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	10.03	159.3	16,239	78.933	206	
4	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	158.4	16,151	78.069	207	
5	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	162.6	16,582	78.069	212	
6	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.98	168.9	17,220	78.226	220	
7	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	168.8	17,215	78.069	221	

DESVIACIÓN ESTANDAR
6.93

VARIANZA
48.00

COEF. DE VARIACION
3.28

- Resistencia a la Compresión a los 7 días, relación w/c = 0.60

ENSAYO DE COMPRESIÓN SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Condición : **7 días curado**

Nº Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.91	181.7	18,524	77.133	240	256
2	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.95	189.3	19,305	77.678	249	
3	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.95	209.3	21,344	77.756	274	
4	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.03	199.2	20,317	78.933	257	
5	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.05	200.8	20,471	79.248	258	
6	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.02	204.6	20,865	78.854	265	
7	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.03	194.2	19,801	78.933	251	

DESVIACIÓN ESTANDAR
11.10

VARIANZA
123.24

COEF. DE VARIACION
4.34

- Resistencia a la Compresión a los 28 días, relación w/c = 0.60

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Condición : **28 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.79	239.3	24,399	75.276	324	315
2	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.80	228.4	23,287	75.43	309	
3	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.78	216.6	22,082	75.045	294	
4	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.80	259.0	26,408	75.43	350	
5	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.76	218.5	22,281	74.815	298	
6	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.77	224.9	22,933	74.969	306	
7	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.82	242.4	24,722	75.661	327	

DESVIACIÓN ESTANDAR
19.56

VARIANZA
382.62

COEF. DE VARIACION
6.21

- Resistencia a la Compresión a los 3 días, relación w/c = 0.70

ENSAYO DE COMPRESIÓN SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.70** Condición : **3 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	10.00	109.2	11,132	78.54	142	151
2	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.97	123.7	12,618	78.069	162	
3	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.98	105.1	10,714	78.148	137	
4	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	10.01	115.8	11,810	78.697	150	
5	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.98	127.0	12,948	78.148	166	
6	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.97	116.5	11,875	78.069	152	
7	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	10.03	117.2	11,946	79.012	151	

DESVIACIÓN ESTANDAR
10.20

VARIANZA
103.95

COEF. DE VARIACION
6.75

- Resistencia a la Compresión a los 7 días, relación w/c = 0.70

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.70** Condición : **7 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.01	142.9	14,569	78.618	185	188
2	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.03	167.1	17,044	78.933	216	
3	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.04	142.8	14,564	79.091	184	
4	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.03	142.4	14,520	79.012	184	
5	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.05	142.7	14,549	79.327	183	
6	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.04	122.3	12,468	79.091	158	
7	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.02	161.8	16,498	78.854	209	

DESVIACIÓN ESTANDAR
19.10

VARIANZA
364.95

COEF. DE VARIACION
10.16

- Resistencia a la Compresión a los 28 días, relación w/c = 0.70

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.70** Condición : **28 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.79	179.8	18,332	75.276	244	237
2	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.75	178.6	18,209	74.585	244	
3	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.79	174.6	17,802	75.276	236	
4	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.76	152.9	15,594	74.815	208	
5	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.79	189.8	19,349	75.276	257	
6	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.80	173.2	17,660	75.43	234	
7	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.75	175.1	17,856	74.662	239	

DESVIACIÓN ESTANDAR
15.01

VARIANZA
225.29

COEF. DE VARIACION
6.33

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 3 días, relación w/c = 0.55

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.55** Condición : **3 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.90	20.60	76.1	7,760	76.977	24.2	20.8
2	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.92	20.49	73.5	7,494	77.236	23.5	
3	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.91	20.57	71.0	7,241	77.184	22.6	
4	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	20.36	58.7	5,988	78.017	18.8	
5	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	20.31	54.3	5,532	78.017	17.4	
6	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.97	20.27	55.2	5,626	78.017	17.7	
7	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.96	20.34	66.8	6,808	77.861	21.4	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.82

VARIANZA
7.94

COEF. DE VARIACION
13.54

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 7 días, relación w/c = 0.55

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento:

0.55

Condición

: **7 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.05	20.62	92.9	9,471	79.327	29.1	24.6
2	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.99	20.64	82.2	8,377	78.304	25.9	
3	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.98	20.61	84.8	8,651	78.226	26.8	
4	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.92	20.61	63.8	6,504	77.21	20.3	
5	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.99	20.62	77.9	7,941	78.383	24.5	
6	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.94	20.52	73.0	7,447	77.6	23.2	
7	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.94	20.61	69.8	7,114	77.6	22.1	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.99

VARIANZA
8.91

COEF. DE VARIACION
12.14

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 28 días, relación w/c = 0.55

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento:

0.55

Condición

: 28 días curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.99	20.55	76.6	7,809	78.383	24.2	26.2
2	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.99	20.58	74.9	7,641	78.304	23.7	
3	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.95	20.73	87.2	8,888	77.678	27.5	
4	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.90	20.63	80.9	8,245	76.899	25.7	
5	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.93	20.60	93.2	9,507	77.444	29.6	
6	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.96	20.57	91.7	9,355	77.835	29.1	
7	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.88	20.57	73.9	7,536	76.666	23.6	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.55

VARIANZA
6.49

COEF. DE VARIACION
9.72

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 3 días, relación w/c = 0.60

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60**

Condición :

3 días curado

Nº Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.99	20.38	59.9	6,104	78.331	19.1	17.5
2	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.99	20.15	56.4	5,755	78.331	18.2	
3	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.98	20.20	49.3	5,031	78.174	15.9	
4	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	10.00	20.32	57.1	5,827	78.54	18.3	
5	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	10.04	20.44	67.2	6,848	79.222	21.2	
6	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.98	20.29	52.5	5,349	78.278	16.8	
7	TESTIGO	26/07/2021	29/07/2021	3	9.99	20.42	40.1	4,085	78.435	12.7	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.69

VARIANZA
7.24

COEF. DE VARIACION
15.38

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 7 días, relación w/c = 0.60

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Condición : **7 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	9.93	20.31	55.1	5,620	77.366	17.7	17.6
2	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.05	20.34	60.1	6,124	79.248	19.1	
3	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.03	20.27	53.2	5,422	79.012	17.0	
4	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.08	20.31	54.2	5,524	79.722	17.2	
5	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.06	20.39	62.6	6,386	79.485	19.8	
6	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.05	20.18	50.1	5,112	79.248	16.1	
7	TESTIGO	26/07/2021	02/08/2021	7	10.09	20.44	51.2	5,225	79.96	16.1	

DESVIACIÓN ESTANDAR
1.42

VARIANZA
2.02

COEF. DE VARIACION
8.07

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 28 días, relación w/c = 0.60

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento:

0.60

Condición

: **28 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	10.02	20.34	50.7	5,172	78.854	16.2	18.3
2	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	10.03	20.15	65.0	6,628	79.012	20.9	
3	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.99	20.14	61.5	6,270	78.304	19.8	
4	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	10.03	20.20	52.6	5,362	79.012	16.9	
5	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.97	20.25	53.7	5,474	78.069	17.3	
6	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.98	20.17	50.8	5,180	78.148	16.4	
7	TESTIGO	26/07/2021	23/08/2021	28	9.94	20.31	64.8	6,605	77.522	20.8	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.09

VARIANZA
4.37

COEF. DE VARIACION
11.43

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 3 días, relación w/c = 0.70

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento:

0.70

Condición

: **3 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.98	20.17	42.1	4,292	78.226	13.6	14.3
2	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	8.97	20.16	43.4	4,430	63.194	15.6	
3	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.99	20.26	44.5	4,534	78.383	14.3	
4	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	10.00	20.28	45.8	4,670	78.54	14.7	
5	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.96	20.14	42.8	4,365	77.913	13.9	
6	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	10.00	20.10	43.2	4,402	78.54	13.9	
7	TESTIGO	27/07/2021	30/07/2021	3	9.99	20.21	44.9	4,581	78.383	14.4	

DESVIACIÓN ESTANDAR
0.67

VARIANZA
0.44

COEF. DE VARIACION
4.65

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 7 días, relación w/c = 0.70

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento:

0.70

Condición

: **7 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.07	20.48	51.3	5,232	79.564	16.2	17.2
2	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.03	20.65	65.9	6,723	78.933	20.7	
3	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.04	20.35	49.6	5,055	79.091	15.8	
4	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.12	20.34	55.8	5,685	80.357	17.6	
5	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.19	20.35	54.4	5,545	81.553	17.0	
6	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.10	20.36	51.4	5,237	80.039	16.2	
7	TESTIGO	27/07/2021	03/08/2021	7	10.00	20.19	53.1	5,419	78.461	17.1	

DESVIACIÓN ESTANDAR
1.65

VARIANZA
2.74

COEF. DE VARIACION
9.62

- Resistencia a la Tracción por compresión diametral a los 28 días, relación w/c = 0.70

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento:

0.70

Condición

: **28 días curado**

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	10.07	20.24	51.4	5,238	79.643	16.4	18.3
2	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.99	20.25	54.1	5,512	78.383	17.3	
3	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.95	20.20	50.5	5,153	77.678	16.3	
4	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	10.16	20.22	60.0	6,122	81.073	19.0	
5	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	10.08	20.29	58.3	5,949	79.722	18.5	
6	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	10.13	20.31	70.7	7,213	80.516	22.3	
7	TESTIGO	27/07/2021	24/08/2021	28	9.94	20.18	55.8	5,685	77.6	18.0	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.05

VARIANZA
4.20

COEF. DE VARIACION
11.20

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.55

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN ASTM C - 469

M-1	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.55
------------	---

DATOS :

Diametro (cm) : 9.97
 Área (cm²) : 78.07
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	347
---------------------------------------	------------

LONGITUD DE MEDICIÓN-anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN-anillos (mm)	99.7

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.81	0.0050000	0.0026340	0.0000370	0.0000264
2000	25.62	0.0105000	0.0035120	0.0000778	0.0000352
3000	38.43	0.0165000	0.0043900	0.0001222	0.0000440
4000	51.24	0.0240000	0.0052680	0.0001778	0.0000528
5000	64.05	0.0320000	0.0079020	0.0002370	0.0000793
6000	76.85	0.0385000	0.0096580	0.0002852	0.0000969
7000	89.66	0.0455000	0.0114140	0.0003370	0.0001145
8000	102.47	0.0525000	0.0122920	0.0003889	0.0001233
9000	115.28	0.0600000	0.0140480	0.0004444	0.0001409
10000	128.09	0.0665000	0.0149260	0.0004926	0.0001497
11000	140.90	0.0740000	0.0166820	0.0005481	0.0001673

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.81	0.0000370		
X	0.0000500	X	16.89
25.62	0.0000778		

s1

128.09	0.0004926		
138.80	Y	Y	0.0005390
140.90	0.0005481		

e2

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.81	0.0000264		
16.89	Y	Y	0.0000292
25.62	0.0000352		

et1

INTERPOLACION PARA et2' para S2

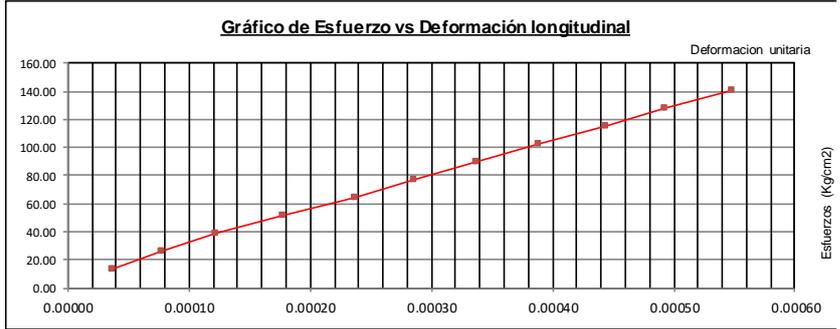
128.09	0.0001497		
138.80	Y	Y	0.0001644
140.90	0.0001673		

et2

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

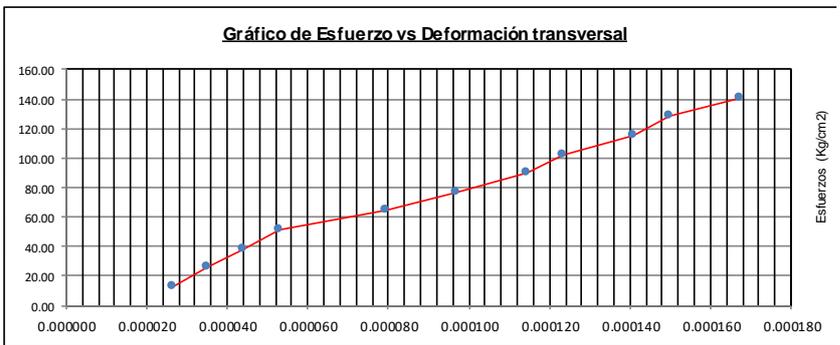
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	16.89
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	138.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005390

MODULO ELASTICO 249,305



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000292
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001644
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005390

MODULO DE POISSON 0.277



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.55

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-2	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.55
------------	---

DATOS

Diametro (cm) : 9.93
 Área (cm²) : 77.44
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM2)	347
--------------------------	------------

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.3

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.91	0.0045000	0.0011414	0.0000333	0.0000115
2000	25.83	0.0121500	0.0028535	0.0000900	0.0000287
3000	38.74	0.0166500	0.0039949	0.0001233	0.0000402
4000	51.65	0.0229500	0.0057070	0.0001700	0.0000575
5000	64.57	0.0297000	0.0074191	0.0002200	0.0000747
6000	77.48	0.0355500	0.0085605	0.0002633	0.0000862
7000	90.39	0.0414000	0.0102726	0.0003067	0.0001035
8000	103.31	0.0481500	0.0114140	0.0003567	0.0001149
9000	116.22	0.0549000	0.0131261	0.0004067	0.0001322
10000	129.13	0.0621000	0.0148382	0.0004600	0.0001494
11000	142.05	0.0693000	0.0165503	0.0005133	0.0001667

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.91	0.0000333		
X	0.0000500	X	16.72 s1
25.83	0.0000900		

129.13	0.0004600		
138.80	Y	Y	0.0004999 e2
142.05	0.0005133		

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.91	0.0000115		
16.72	Y	Y	0.0000166 et1
25.83	0.0000287		

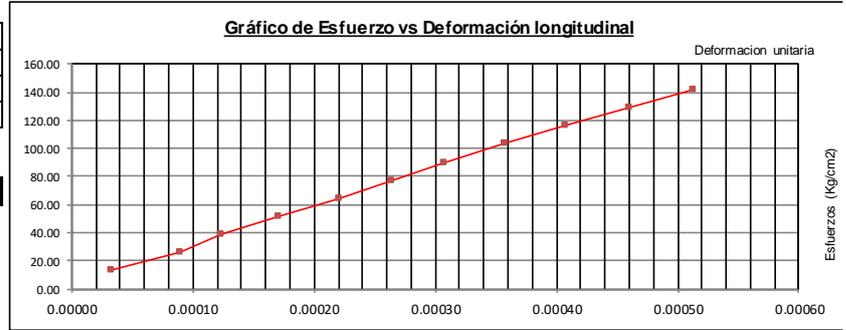
INTERPOLACION PARA et2' para S2

129.13	0.0001494		
138.80	Y	Y	0.0001623 et2
142.05	0.0001667		

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

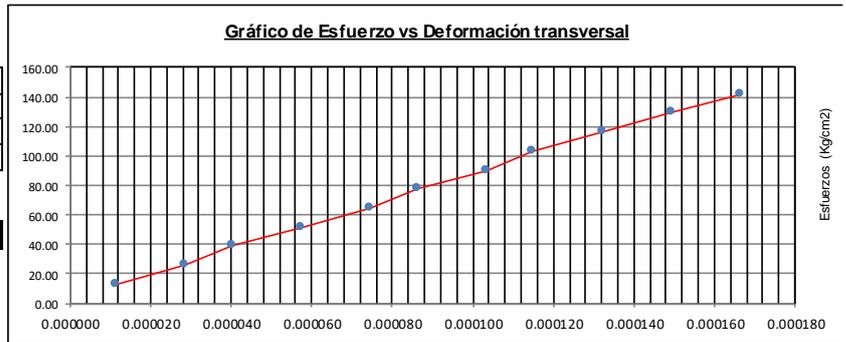
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	16.72
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	138.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004999

MODULO ELASTICO 271,349



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000166
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001623
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004999

MODULO DE POISSON 0.324



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.55

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-3	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.55
-----	--------------------------------------

DATOS :

Diametro (cm) : 9.95
 Área (cm²) : 77.76
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	347
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN-anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN-anillos (mm)	99.5

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.86	0.0045000	0.0013170	0.0000333	0.0000132
2000	25.72	0.0115000	0.0030730	0.0000852	0.0000309
3000	38.58	0.0165000	0.0039510	0.0001222	0.0000397
4000	51.44	0.0240000	0.0057070	0.0001778	0.0000574
5000	64.30	0.0315000	0.0070240	0.0002333	0.0000706
6000	77.16	0.0365000	0.0083410	0.0002704	0.0000838
7000	90.02	0.0430000	0.0096580	0.0003185	0.0000971
8000	102.88	0.0525000	0.0109750	0.0003889	0.0001103
9000	115.74	0.0585000	0.0122920	0.0004333	0.0001235
10000	128.60	0.0660000	0.0136090	0.0004889	0.0001368
11000	141.46	0.0750000	0.0153650	0.0005556	0.0001544

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.86	0.0000333	X	17.00	s1
X	0.0000500			
25.72	0.0000852			

128.60	0.0004889	Y	0.0005418	e2
138.80	Y			
141.46	0.0005556			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.86	0.0000132	Y	0.0000189	et1
17.00	Y			
25.72	0.0000309			

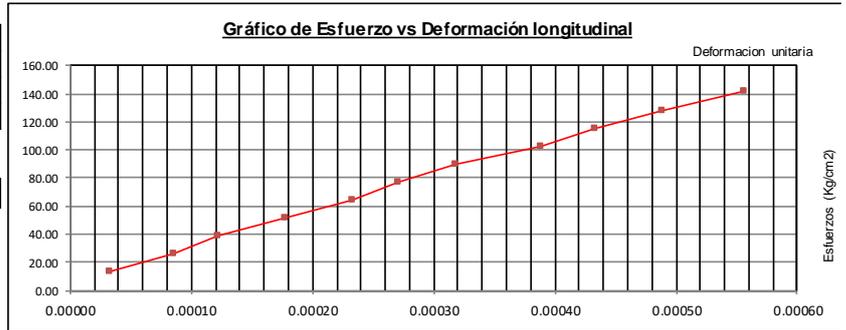
INTERPOLACION PARA et2' para S2

128.60	0.0001368	Y	0.0001508	et2
138.80	Y			
141.46	0.0001544			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

S1 (Esfuerzo a 0.00005)	17.00
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	138.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005418

MODULO ELASTICO 247,662



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000189
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001508
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005418

MODULO DE POISSON 0.268



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.55

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-4	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.55
-----	--------------------------------------

DATOS

Diametro (cm) : 10.08
 Área (cm²) : 79.8
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	347
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.8

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.53	0.0055000	0.0010536	0.0000407	0.0000105
2000	25.06	0.0120000	0.0031608	0.0000889	0.0000314
3000	37.59	0.0165000	0.0042144	0.0001222	0.0000418
4000	50.13	0.0230000	0.0052680	0.0001704	0.0000523
5000	62.66	0.0295000	0.0063216	0.0002185	0.0000627
6000	75.19	0.0370000	0.0079020	0.0002741	0.0000784
7000	87.72	0.0435000	0.0094824	0.0003222	0.0000941
8000	100.25	0.0475000	0.0110628	0.0003519	0.0001098
9000	112.78	0.0575000	0.0126432	0.0004259	0.0001254
10000	125.31	0.0630000	0.0136968	0.0004667	0.0001359
11000	137.84	0.0710000	0.0152772	0.0005259	0.0001516

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.53	0.0000407		
X	0.0000500	X	14.95
25.06	0.0000889		s1

125.31	0.0004667		
138.80	Y	Y	0.0005304
137.84	0.0005259		e2

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.53	0.0000105		
14.95	Y	Y	0.0000145
25.06	0.0000314		et1

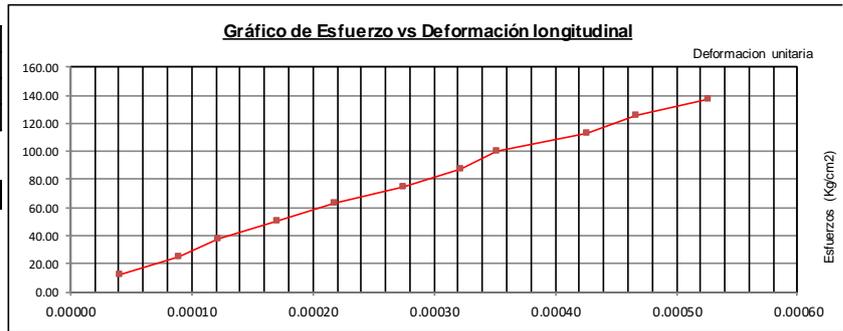
INTERPOLACION PARA et2' para S2

125.31	0.0001359		
138.80	Y	Y	0.0001528
137.84	0.0001516		et2

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

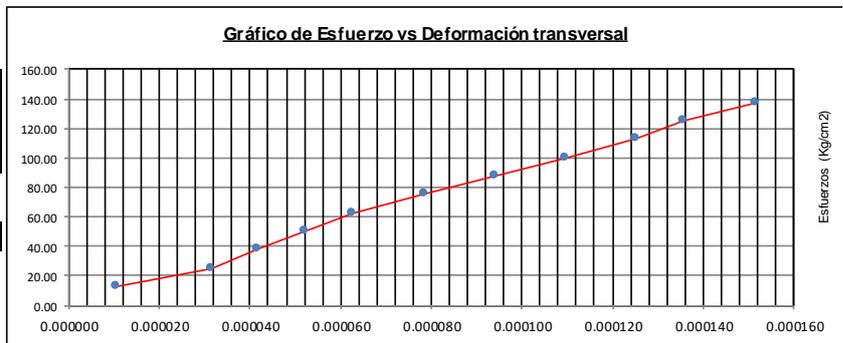
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	14.95
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	138.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005304

MODULO ELASTICO 257,806



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000145
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001528
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005304

MODULO DE POISSON 0.288



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.60

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

M-1	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.60
------------	---

DATOS :

Diametro (cm) : 9.96
 Área (cm²) : 77.91
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	315
---------------------------------------	------------

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.6

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.84	0.0055000	0.0017560	0.0000407	0.0000176
2000	25.67	0.0130000	0.0026340	0.0000963	0.0000264
3000	38.51	0.0185000	0.0043900	0.0001370	0.0000441
4000	51.34	0.0245000	0.0057070	0.0001815	0.0000573
5000	64.18	0.0315000	0.0070240	0.0002333	0.0000705
6000	77.01	0.0395000	0.0079020	0.0002926	0.0000793
7000	89.85	0.0470000	0.0096580	0.0003481	0.0000970
8000	102.68	0.0535000	0.0109750	0.0003963	0.0001102
9000	115.52	0.0630000	0.0127310	0.0004667	0.0001278
10000	128.35	0.0705000	0.0153650	0.0005222	0.0001543
11000	141.19	0.0795000	0.0171210	0.0005889	0.0001719

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.84	0.0000407				
X	0.0000500	X	14.99	s1	
25.67	0.0000963				

115.52	0.0004667				
126.00	Y	Y	0.0005120	e2	
128.35	0.0005222				

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.84	0.0000176				
14.99	Y	Y	0.0000191	et1	
25.67	0.0000264				

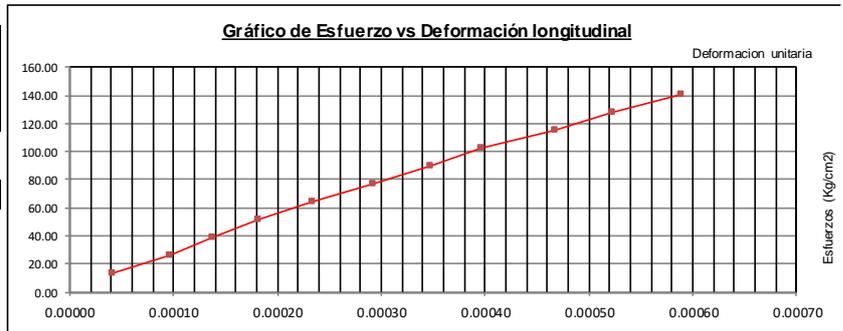
INTERPOLACION PARA et2' para S2

115.52	0.0001278				
126.00	Y	Y	0.0001494	et2	
128.35	0.0001543				

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

S1 (Esfuerzo a 0.00005)	14.99
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	126.00
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005120

MODULO ELASTICO 240,281



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000191
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001494
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005120

MODULO DE POISSON 0.282



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.60

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-2	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.60
-----	--------------------------------------

DATOS :

Diametro (cm) : 10.00
 Área (cm²) : 78.54
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	315
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.73	0.0045000	0.0017560	0.0000333	0.0000176
2000	25.46	0.0135000	0.0035120	0.0001000	0.0000351
3000	38.20	0.0180000	0.0048290	0.0001333	0.0000483
4000	50.93	0.0245000	0.0057070	0.0001815	0.0000571
5000	63.66	0.0310000	0.0070240	0.0002296	0.0000702
6000	76.39	0.0385000	0.0083410	0.0002852	0.0000834
7000	89.13	0.0450000	0.0100970	0.0003333	0.0001010
8000	101.86	0.0510000	0.0114140	0.0003778	0.0001141
9000	114.59	0.0585000	0.0127310	0.0004333	0.0001273
10000	127.32	0.0660000	0.0144870	0.0004889	0.0001449
11000	140.06	0.0760000	0.0162430	0.0005630	0.0001624

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.73	0.0000333		
X	0.0000500	X	15.92 s1
25.46	0.0001000		

114.59	0.0004333		
126.00	Y	Y	0.0004831 e2
127.32	0.0004889		

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.73	0.0000176		
15.92	Y	Y	0.0000220 et1
25.46	0.0000351		

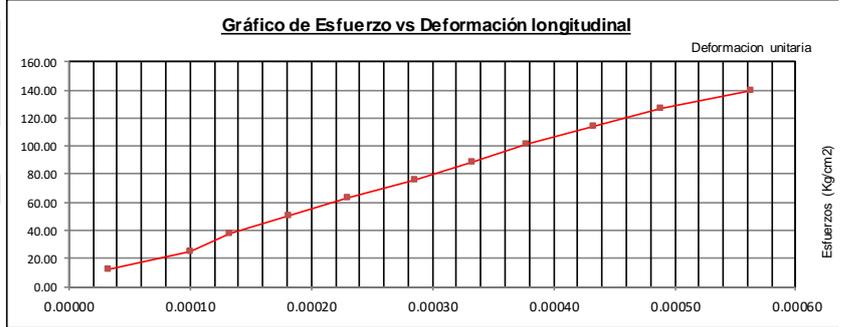
INTERPOLACION PARA et2' para S2

114.59	0.0001273		
126.00	Y	Y	0.0001431 et2
127.32	0.0001449		

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

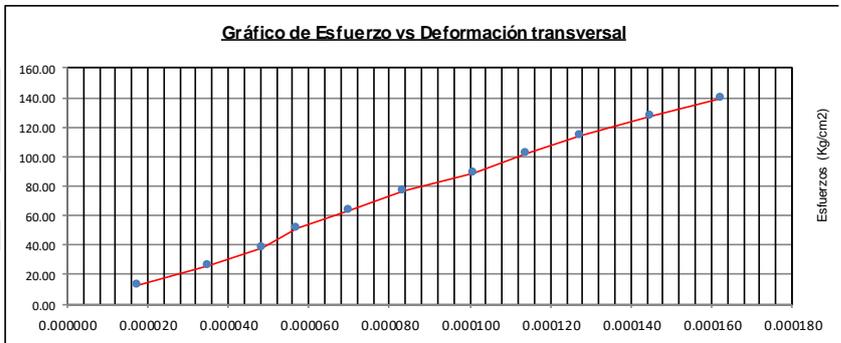
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	15.92
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	126.00
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004831

MODULO ELASTICO 254,168



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000220
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001431
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004831

MODULO DE POISSON 0.280



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.60

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-3	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.60
------------	---

DATOS :

Diametro (cm) : 9.99
 Área (cm²) : 78.38
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	315
---------------------------------------	------------

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.9

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.76	0.0015000	0.0004390	0.0000111	0.0000044
2000	25.52	0.0070000	0.0021950	0.0000519	0.0000220
3000	38.28	0.0135000	0.0030730	0.0001000	0.0000308
4000	51.03	0.0200000	0.0043900	0.0001481	0.0000439
5000	63.79	0.0270000	0.0052680	0.0002000	0.0000527
6000	76.55	0.0335000	0.0065850	0.0002481	0.0000659
7000	89.31	0.0395000	0.0079020	0.0002926	0.0000791
8000	102.07	0.0465000	0.0096580	0.0003444	0.0000967
9000	114.83	0.0540000	0.0114140	0.0004000	0.0001143
10000	127.58	0.0620000	0.0127310	0.0004593	0.0001274
11000	140.34	0.0690000	0.0144870	0.0005111	0.0001450

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.76	0.0000111		
X	0.0000500	X	24.93 s1
25.52	0.0000519		

114.83	0.0004000		
126.00	Y	Y	0.0004520 e2
127.58	0.0004593		

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.76	0.0000044		
24.93	Y	Y	0.0000212 et1
25.52	0.0000220		

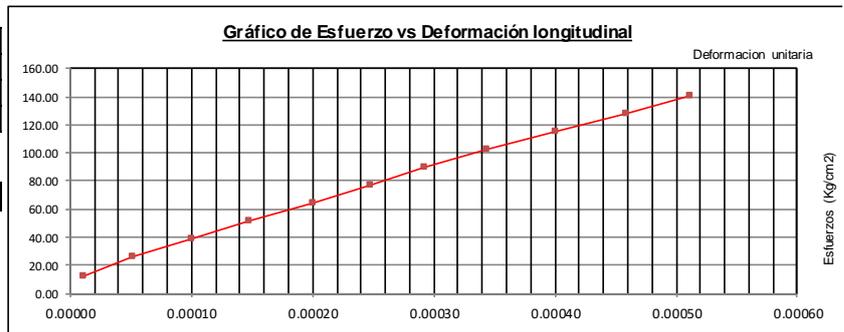
INTERPOLACION PARA et2' para S2

114.83	0.0001143		
126.00	Y	Y	0.0001258 et2
127.58	0.0001274		

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e).

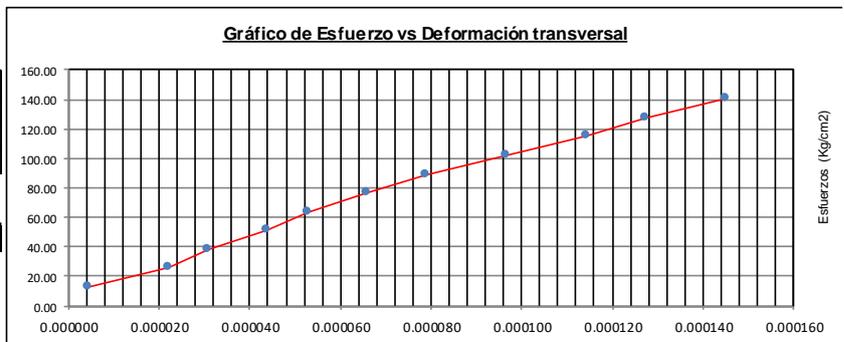
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	24.93
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	126.00
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004520

MODULO ELASTICO 251,418



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000212
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001258
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004520

MODULO DE POISSON 0.260



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.60

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-4	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.60
-----	--------------------------------------

DATOS :

Diametro (cm) : 9.94
 Área (cm²) : 77.6
 Fecha de vaciado : 26/07/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM2)	315
--------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.4

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.89	0.0020000	0.0013170	0.0000148	0.0000132
2000	25.77	0.0080000	0.0026340	0.0000593	0.0000265
3000	38.66	0.0135000	0.0035120	0.0001000	0.0000353
4000	51.55	0.0210000	0.0048290	0.0001556	0.0000486
5000	64.43	0.0270000	0.0065850	0.0002000	0.0000662
6000	77.32	0.0340000	0.0074630	0.0002519	0.0000751
7000	90.21	0.0405000	0.0087800	0.0003000	0.0000883
8000	103.09	0.0480000	0.0100970	0.0003556	0.0001016
9000	115.98	0.0555000	0.0114140	0.0004111	0.0001148
10000	128.87	0.0630000	0.0127310	0.0004667	0.0001281
11000	141.75	0.0710000	0.0144870	0.0005259	0.0001457

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.89	0.0000148	X	23.08	s1
X	0.0000500			
25.77	0.0000593			

115.98	0.0004111	Y	0.0004543	e2
126.00	Y			
128.87	0.0004667			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.89	0.0000132	Y	0.0000237	et1
23.08	Y			
25.77	0.0000265			

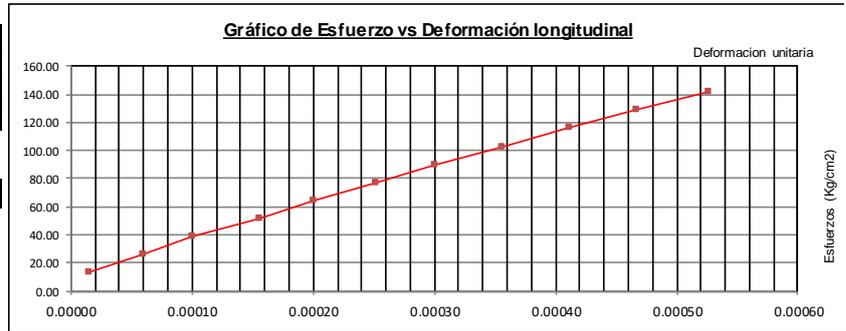
INTERPOLACION PARA et2' para S2

115.98	0.0001148	Y	0.0001251	et2
126.00	Y			
128.87	0.0001281			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

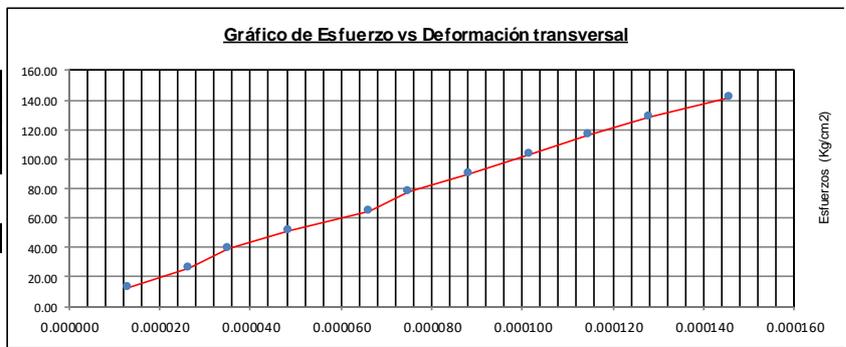
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	23.08
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	126.00
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004543

MODULO ELASTICO 254,563



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000237
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001251
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004543

MODULO DE POISSON 0.251



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.70

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-1	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.70
-----	--------------------------------------

DATOS

Diametro (cm) : 9.99
 Área (cm²) : 78.38
 Fecha de vaciado : 27/07/2021
 Fecha de ensayo : 24/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	237
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.9

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.76	0.0050000	0.0008780	0.0000370	0.0000088
2000	25.52	0.0140000	0.0026340	0.0001037	0.0000264
3000	38.28	0.0185000	0.0039510	0.0001370	0.0000395
4000	51.03	0.0265000	0.0052680	0.0001963	0.0000527
5000	63.79	0.0335000	0.0070240	0.0002481	0.0000703
6000	76.55	0.0430000	0.0083410	0.0003185	0.0000835
7000	89.31	0.0505000	0.0100970	0.0003741	0.0001011
8000	102.07	0.0580000	0.0122920	0.0004296	0.0001230
9000	114.83	0.0665000	0.0144870	0.0004926	0.0001450

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.76	0.0000370		
X	0.0000500	X	15.25 s1
25.52	0.0001037		

89.31	0.0003741		
94.80	Y	Y	0.0003980 e2
102.07	0.0004296		

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.76	0.0000088		
15.25	Y	Y	0.0000122 et1
25.52	0.0000264		

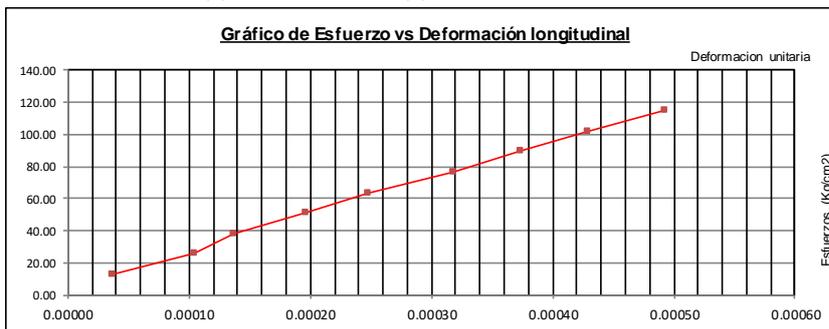
INTERPOLACION PARA et2' para S2

89.31	0.0001011		
94.80	Y	Y	0.0001105 et2
102.07	0.0001230		

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

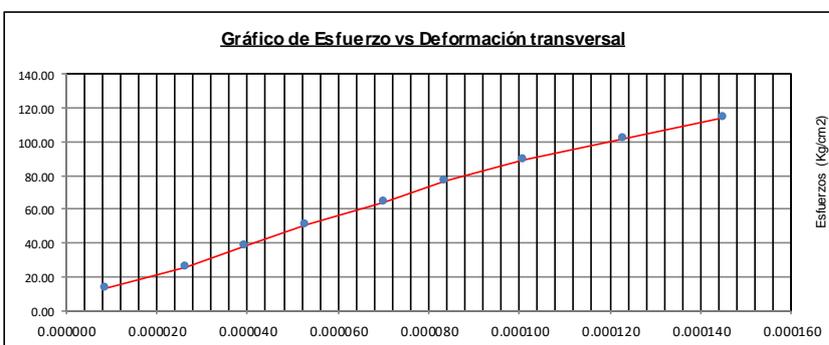
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	15.25
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	94.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003980

MODULO ELASTICO 228,592



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000122
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001105
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003980

MODULO DE POISSON 0.283



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.70

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-2	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.70
-----	--------------------------------------

DATOS

Diametro (cm) : 9.99
 Área (cm²) : 78.38
 Fecha de vaciado : 27/07/2021
 Fecha de ensayo : 24/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	237
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.9

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.76	0.0045000	0.0008780	0.0000333	0.0000088
2000	25.52	0.0100000	0.0021950	0.0000741	0.0000220
3000	38.28	0.0165000	0.0035120	0.0001222	0.0000352
4000	51.03	0.0230000	0.0043900	0.0001704	0.0000439
5000	63.79	0.0320000	0.0057070	0.0002370	0.0000571
6000	76.55	0.0400000	0.0070240	0.0002963	0.0000703
7000	89.31	0.0480000	0.0079020	0.0003556	0.0000791
8000	102.07	0.0590000	0.0100970	0.0004370	0.0001011
9000	114.83	0.0665000	0.0118530	0.0004926	0.0001186

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.76	0.0000333		
X	0.0000500	X	17.98
25.52	0.0000741		

89.31	0.0003556		
94.80	Y	Y	0.0003906
102.07	0.0004370		

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.76	0.0000088		
17.98	Y	Y	0.0000142
25.52	0.0000220		

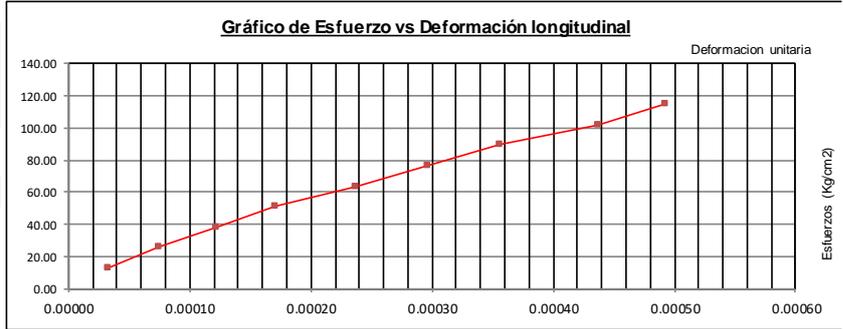
INTERPOLACION PARA et2' para S2

89.31	0.0000791		
94.80	Y	Y	0.0000886
102.07	0.0001011		

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

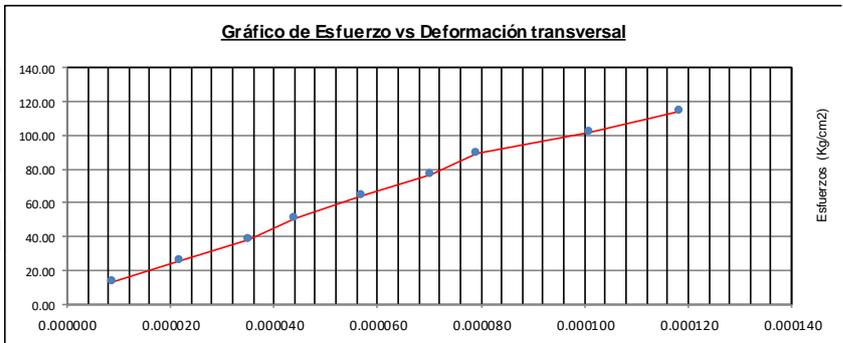
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	17.98
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	94.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003906

MODULO ELASTICO 225,543



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000142
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0000886
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003906

MODULO DE POISSON 0.218



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.70

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-3	TESTIGO - RELACION AGUA CEMENTO 0.70
-----	--------------------------------------

DATOS

Diametro (cm) : 9.96
 Área (cm²) : 77.91
 Fecha de vaciado : 27/07/2021
 Fecha de ensayo : 24/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	237
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.6

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.84	0.0050000	0.0008780	0.0000370	0.0000088
2000	25.67	0.0125000	0.0026340	0.0000926	0.0000264
3000	38.51	0.0200000	0.0035120	0.0001481	0.0000353
4000	51.34	0.0285000	0.0048290	0.0002111	0.0000485
5000	64.18	0.0360000	0.0061460	0.0002667	0.0000617
6000	77.01	0.0450000	0.0070240	0.0003333	0.0000705
7000	89.85	0.0525000	0.0087800	0.0003889	0.0000882
8000	102.68	0.0660000	0.0105360	0.0004889	0.0001058
9000	115.52	0.0765000	0.0122920	0.0005667	0.0001234

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.84	0.0000370		
X	0.0000500	X	15.84
25.67	0.0000926		s1

89.85	0.0003889		
94.80	Y	Y	0.0004275
102.68	0.0004889		e2

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.84	0.0000088		
15.84	Y	Y	0.0000129
25.67	0.0000264		et1

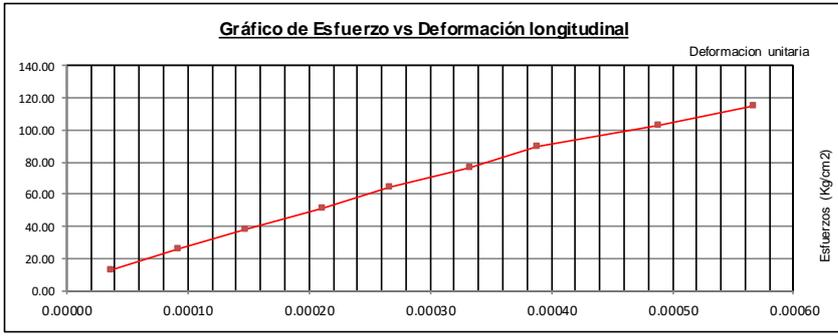
INTERPOLACION PARA et2' para S2

89.85	0.0000882		
94.80	Y	Y	0.0000950
102.68	0.0001058		et2

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

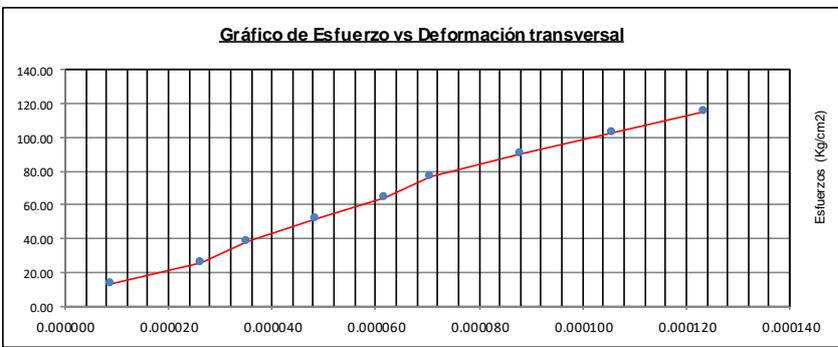
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	15.84
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	94.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004275

MODULO ELASTICO 209,166



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000129
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0000950
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004275

MODULO DE POISSON 0.218



- Módulo de elasticidad, relación w/c = 0.70

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

M-4	TESTIGO - RELACIÓN AGUA CEMENTO 0.70
------------	---

DATOS :

Diametro (cm) : 9.95
 Área (cm²) : 77.76
 Fecha de vaciado : 27/07/2021
 Fecha de ensayo : 24/08/2021

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	237
---------------------------------------	------------

LONGITUD DE MEDICIÓN-anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN-anillos (mm)	99.5

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.86	0.0030000	0.0004390	0.0000222	0.0000044
2000	25.72	0.0105000	0.0021950	0.0000778	0.0000221
3000	38.58	0.0165000	0.0035120	0.0001222	0.0000353
4000	51.44	0.0200000	0.0052680	0.0001481	0.0000529
5000	64.30	0.0300000	0.0070240	0.0002222	0.0000706
6000	77.16	0.0370000	0.0083410	0.0002741	0.0000838
7000	90.02	0.0445000	0.0100970	0.0003296	0.0001015
8000	102.88	0.0540000	0.0122920	0.0004000	0.0001235
9000	115.74	0.0635000	0.0140480	0.0004704	0.0001412

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.86	0.0000222		
X	0.0000500	X	19.29
25.72	0.0000778		s1

90.02	0.0003296		
94.80	Y	Y	0.0003558
102.88	0.0004000		e2

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.86	0.0000044		
19.29	Y	Y	0.0000133
25.72	0.0000221		et1

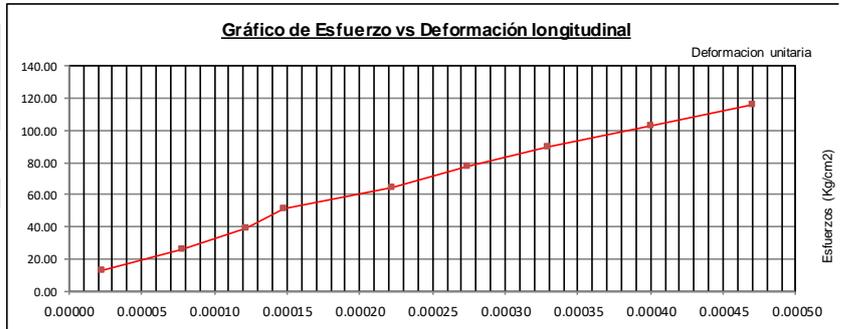
INTERPOLACION PARA et2' para S2

90.02	0.0001015		
94.80	Y	Y	0.0001097
102.88	0.0001235		et2

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

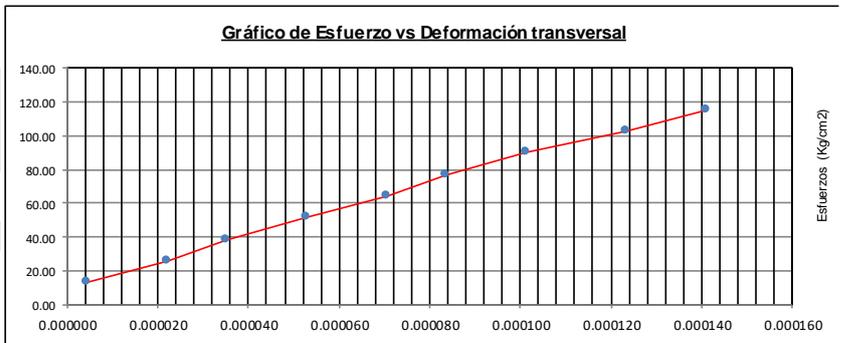
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	19.29
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	94.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003558

MODULO ELASTICO 246,926



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000133
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001097
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003558

MODULO DE POISSON 0.315

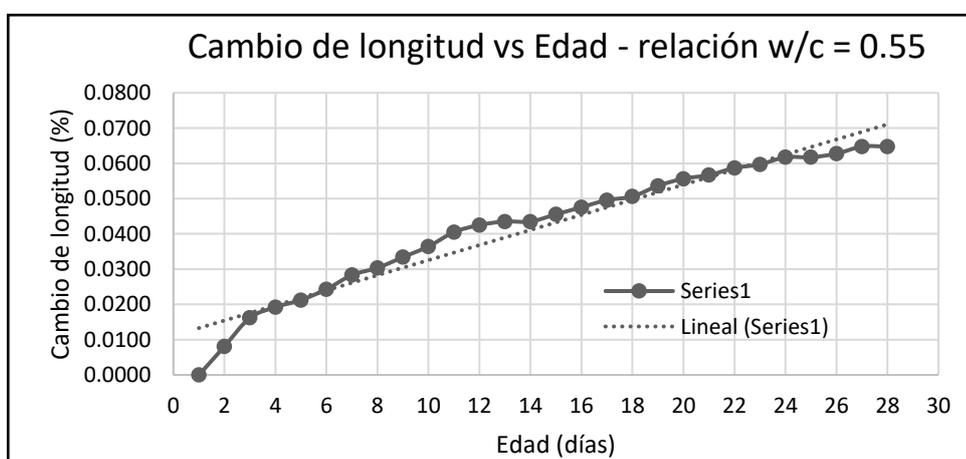


ENSAYO DE CONTRACCIÓN

- Cambio de longitud, 28 días curado relación w/c = 0.55

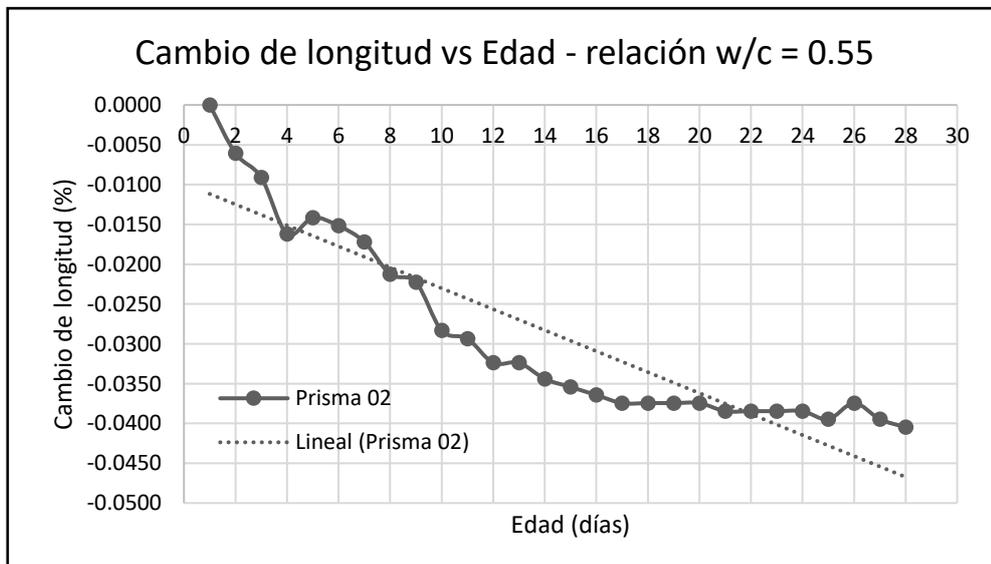
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	01
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ ,n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3221	*0.2690	0.0531	0.0531	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3222	0.2683	0.0531	0.0539	0.0008	0.008095609	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3165	0.2618	0.0531	0.0547	0.0016	0.016191218	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3275	0.2725	0.0531	0.0550	0.0019	0.019227072	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3275	0.2723	0.0531	0.0552	0.0021	0.021250974	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3268	0.2713	0.0531	0.0555	0.0024	0.024286827	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3275	0.2716	0.0531	0.0559	0.0028	0.028334632	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3319	0.2758	0.0531	0.0561	0.0030	0.030358534	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3318	0.2754	0.0531	0.0564	0.0033	0.033394388	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3325	0.2758	0.0531	0.0567	0.0036	0.036430241	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3330	0.2759	0.0531	0.0571	0.0040	0.040478046	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3324	0.2751	0.0531	0.0573	0.0042	0.042501948	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3323	0.2749	0.0531	0.0574	0.0043	0.043513899	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3319	0.2745	0.0531	0.0574	0.0043	0.043513899	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3325	0.2749	0.0531	0.0576	0.0045	0.045537801	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3329	0.2751	0.0531	0.0578	0.0047	0.047561704	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3344	0.2764	0.0531	0.0580	0.0049	0.049585606	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3337	0.2756	0.0531	0.0581	0.0050	0.050597557	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3338	0.2754	0.0531	0.0584	0.0053	0.053633411	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3325	0.2739	0.0531	0.0586	0.0055	0.055657313	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3340	0.2753	0.0531	0.0587	0.0056	0.056669264	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3331	0.2742	0.0531	0.0589	0.0058	0.058693166	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3335	0.2745	0.0531	0.0590	0.0059	0.059705117	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3313	0.2721	0.0531	0.0592	0.0061	0.061729020	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3307	0.2715	0.0531	0.0592	0.0061	0.061729020	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3290	0.2697	0.0531	0.0593	0.0062	0.062740971	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3297	0.2702	0.0531	0.0595	0.0064	0.064764873	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3297	0.2702	0.0531	0.0595	0.0064	0.064764873	28



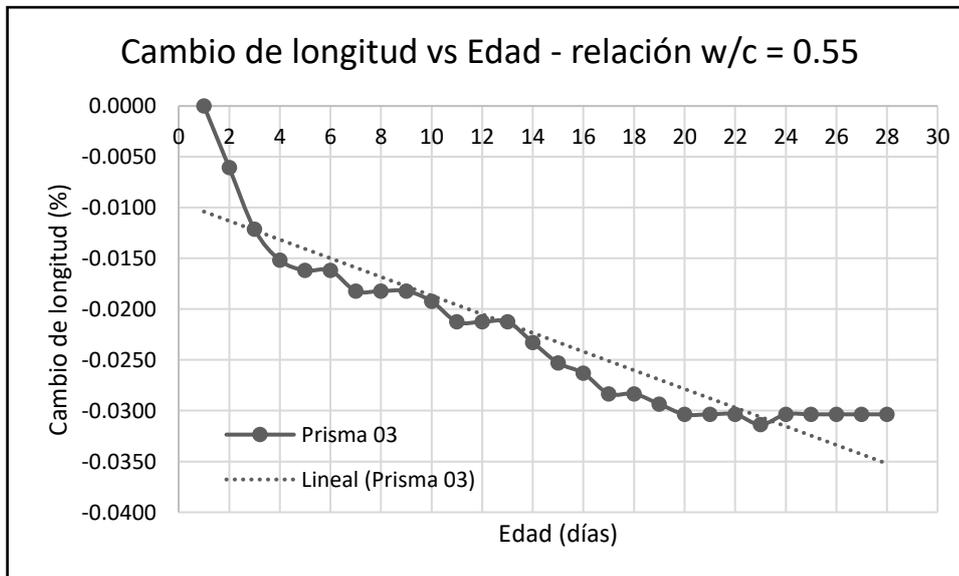
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	02
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n = E _n - n ₁ , n ₂ ...	H = (F _n /A)*100	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3496	*0.2690	0.0806	0.0806	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3483	0.2683	0.0806	0.0800	-0.0006	-0.006071707	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3415	0.2618	0.0806	0.0797	-0.0009	-0.009107560	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3515	0.2725	0.0806	0.0790	-0.0016	-0.016191218	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3515	0.2723	0.0806	0.0792	-0.0014	-0.014167316	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3504	0.2713	0.0806	0.0791	-0.0015	-0.015179267	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3505	0.2716	0.0806	0.0789	-0.0017	-0.017203169	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3543	0.2758	0.0806	0.0785	-0.0021	-0.021250974	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3538	0.2754	0.0806	0.0784	-0.0022	-0.022262925	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3536	0.2758	0.0806	0.0778	-0.0028	-0.028334632	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3536	0.2759	0.0806	0.0777	-0.0029	-0.029346583	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3525	0.2751	0.0806	0.0774	-0.0032	-0.032382437	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3523	0.2749	0.0806	0.0774	-0.0032	-0.032382437	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3517	0.2745	0.0806	0.0772	-0.0034	-0.034406339	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3520	0.2749	0.0806	0.0771	-0.0035	-0.035418290	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3521	0.2751	0.0806	0.0770	-0.0036	-0.036430241	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3533	0.2764	0.0806	0.0769	-0.0037	-0.037442192	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3525	0.2756	0.0806	0.0769	-0.0037	-0.037442192	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3523	0.2754	0.0806	0.0769	-0.0037	-0.037442192	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3508	0.2739	0.0806	0.0769	-0.0037	-0.037442192	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3521	0.2753	0.0806	0.0768	-0.0038	-0.038454143	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3510	0.2742	0.0806	0.0768	-0.0038	-0.038454143	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3513	0.2745	0.0806	0.0768	-0.0038	-0.038454143	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3489	0.2721	0.0806	0.0768	-0.0038	-0.038454143	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3482	0.2715	0.0806	0.0767	-0.0039	-0.039466095	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3466	0.2697	0.0806	0.0769	-0.0037	-0.037442192	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3469	0.2702	0.0806	0.0767	-0.0039	-0.039466095	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3468	0.2702	0.0806	0.0766	-0.0040	-0.040478046	28



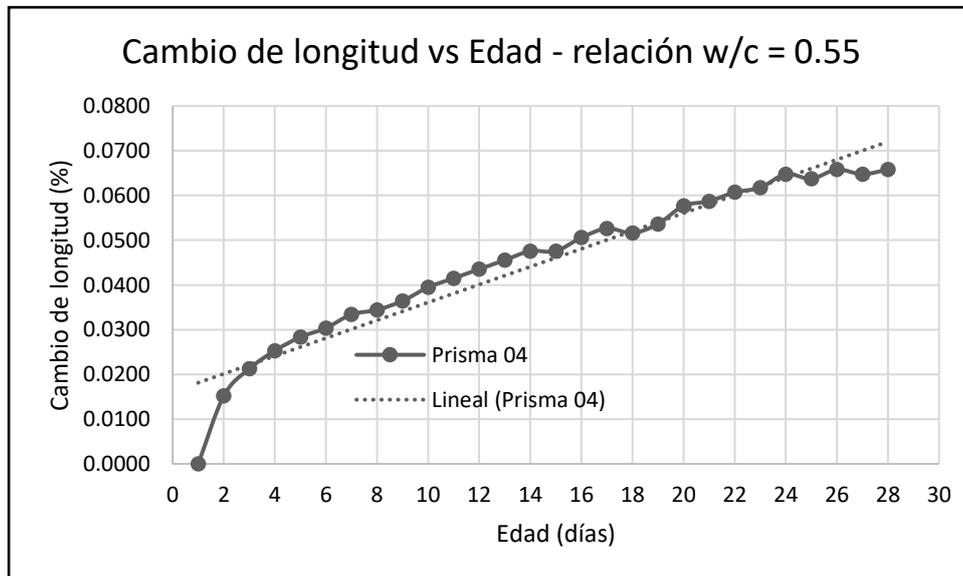
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	03
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ ,n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	n
27/07/2021	1	9.8819	*0.3197	*0.2690	0.0507	0.0507	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3184	0.2683	0.0507	0.0501	-0.0006	-0.00607171	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3113	0.2618	0.0507	0.0495	-0.0012	-0.01214341	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3217	0.2725	0.0507	0.0492	-0.0015	-0.01517927	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3214	0.2723	0.0507	0.0491	-0.0016	-0.01619122	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3204	0.2713	0.0507	0.0491	-0.0016	-0.01619122	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3205	0.2716	0.0507	0.0489	-0.0018	-0.01821512	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3247	0.2758	0.0507	0.0489	-0.0018	-0.01821512	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3243	0.2754	0.0507	0.0489	-0.0018	-0.01821512	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3246	0.2758	0.0507	0.0488	-0.0019	-0.01922707	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3245	0.2759	0.0507	0.0486	-0.0021	-0.02125097	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3237	0.2751	0.0507	0.0486	-0.0021	-0.02125097	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3235	0.2749	0.0507	0.0486	-0.0021	-0.02125097	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3229	0.2745	0.0507	0.0484	-0.0023	-0.02327488	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3231	0.2749	0.0507	0.0482	-0.0025	-0.02529878	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3232	0.2751	0.0507	0.0481	-0.0026	-0.02631073	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3243	0.2764	0.0507	0.0479	-0.0028	-0.02833463	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3235	0.2756	0.0507	0.0479	-0.0028	-0.02833463	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3232	0.2754	0.0507	0.0478	-0.0029	-0.02934658	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3216	0.2739	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3230	0.2753	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3219	0.2742	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3221	0.2745	0.0507	0.0476	-0.0031	-0.03137049	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3198	0.2721	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3192	0.2715	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3174	0.2697	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3179	0.2702	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3179	0.2702	0.0507	0.0477	-0.0030	-0.03035853	28



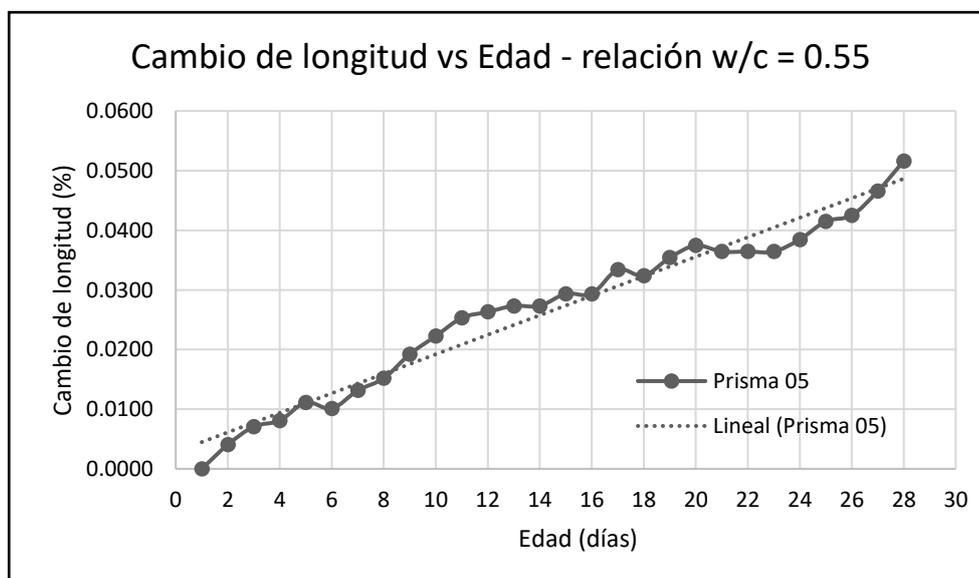
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	04
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ , n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	n
27/07/2021	1	9.8819	*0.3063	*0.2690	0.0373	0.0373	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3071	0.2683	0.0373	0.0388	0.0015	0.01517927	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3012	0.2618	0.0373	0.0394	0.0021	0.021250974	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3123	0.2725	0.0373	0.0398	0.0025	0.025298779	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3124	0.2723	0.0373	0.0401	0.0028	0.028334632	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3116	0.2713	0.0373	0.0403	0.0030	0.030358534	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3122	0.2716	0.0373	0.0406	0.0033	0.033394388	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3165	0.2758	0.0373	0.0407	0.0034	0.034406339	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3163	0.2754	0.0373	0.0409	0.0036	0.036430241	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3170	0.2758	0.0373	0.0412	0.0039	0.039466095	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3173	0.2759	0.0373	0.0414	0.0041	0.041489997	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3167	0.2751	0.0373	0.0416	0.0043	0.043513899	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3167	0.2749	0.0373	0.0418	0.0045	0.045537801	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3165	0.2745	0.0373	0.0420	0.0047	0.047561704	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3169	0.2749	0.0373	0.0420	0.0047	0.047561704	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3174	0.2751	0.0373	0.0423	0.0050	0.050597557	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3189	0.2764	0.0373	0.0425	0.0052	0.052621459	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3180	0.2756	0.0373	0.0424	0.0051	0.051609508	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3180	0.2754	0.0373	0.0426	0.0053	0.053633411	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3169	0.2739	0.0373	0.0430	0.0057	0.057681215	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3184	0.2753	0.0373	0.0431	0.0058	0.058693166	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3175	0.2742	0.0373	0.0433	0.0060	0.060717069	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3179	0.2745	0.0373	0.0434	0.0061	0.061729020	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3158	0.2721	0.0373	0.0437	0.0064	0.064764873	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3151	0.2715	0.0373	0.0436	0.0063	0.063752922	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3135	0.2697	0.0373	0.0438	0.0065	0.065776824	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3139	0.2702	0.0373	0.0437	0.0064	0.064764873	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3140	0.2702	0.0373	0.0438	0.0065	0.065776824	28



Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	05
Tiempo de Curado	28 días

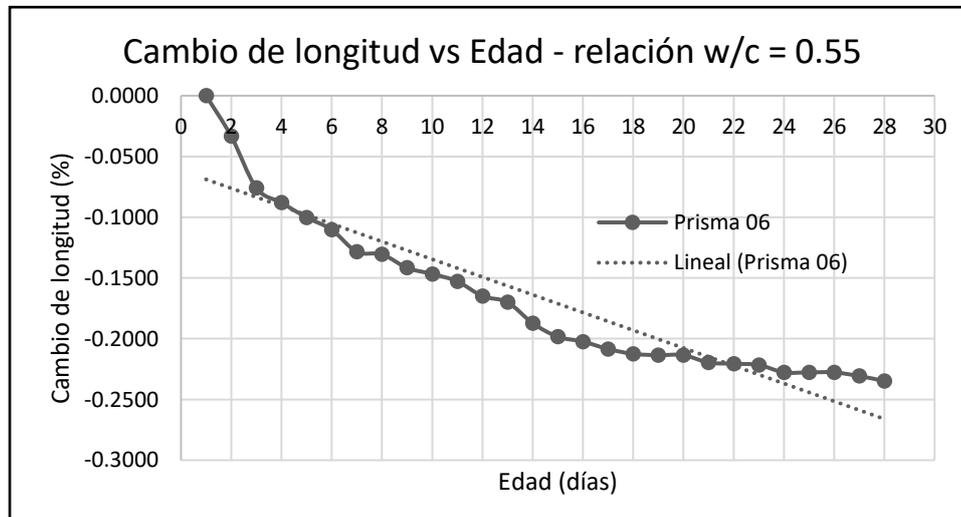
Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3220	*0.2690	0.0530	0.0530	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3217	0.2683	0.0530	0.0534	0.0004	0.004047805	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3155	0.2618	0.0530	0.0537	0.0007	0.007083658	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3263	0.2725	0.0530	0.0538	0.0008	0.008095609	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3264	0.2723	0.0530	0.0541	0.0011	0.011131463	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3253	0.2713	0.0530	0.0540	0.0010	0.010119511	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3259	0.2716	0.0530	0.0543	0.0013	0.013155365	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3303	0.2758	0.0530	0.0545	0.0015	0.015179267	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3303	0.2754	0.0530	0.0549	0.0019	0.019227072	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3310	0.2758	0.0530	0.0552	0.0022	0.022262925	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3314	0.2759	0.0530	0.0555	0.0025	0.025298779	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3307	0.2751	0.0530	0.0556	0.0026	0.026310730	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3306	0.2749	0.0530	0.0557	0.0027	0.027322681	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3302	0.2745	0.0530	0.0557	0.0027	0.027322681	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3308	0.2749	0.0530	0.0559	0.0029	0.029346583	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3310	0.2751	0.0530	0.0559	0.0029	0.029346583	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3327	0.2764	0.0530	0.0563	0.0033	0.033394388	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3318	0.2756	0.0530	0.0562	0.0032	0.032382437	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3319	0.2754	0.0530	0.0565	0.0035	0.035418290	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3306	0.2739	0.0530	0.0567	0.0037	0.037442192	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3319	0.2753	0.0530	0.0566	0.0036	0.036430241	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3308	0.2742	0.0530	0.0566	0.0036	0.036430241	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3311	0.2745	0.0530	0.0566	0.0036	0.036430241	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3289	0.2721	0.0530	0.0568	0.0038	0.038454143	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3286	0.2715	0.0530	0.0571	0.0041	0.041489997	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3269	0.2697	0.0530	0.0572	0.0042	0.042501948	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3278	0.2702	0.0530	0.0576	0.0046	0.046549753	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3283	0.2702	0.0530	0.0581	0.0051	0.051609508	28



- Cambio de longitud, sin curado relación w/c = 0.55

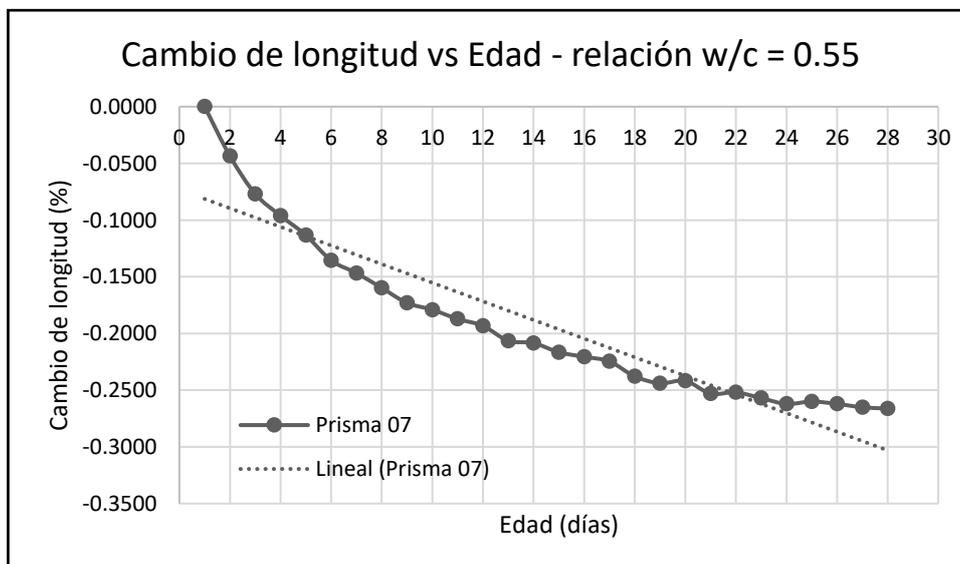
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	06
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
						E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3555	*0.2690	0.0865	0.0865	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3515	0.2683	0.0865	0.0832	-0.0033	-0.03339439	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3408	0.2618	0.0865	0.0790	-0.0075	-0.07589634	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3503	0.2725	0.0865	0.0778	-0.0087	-0.08803975	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3489	0.2723	0.0865	0.0766	-0.0099	-0.10018316	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3469	0.2713	0.0865	0.0756	-0.0109	-0.11030267	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3454	0.2716	0.0865	0.0738	-0.0127	-0.12851780	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3494	0.2758	0.0865	0.0736	-0.0129	-0.13054170	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3479	0.2754	0.0865	0.0725	-0.0140	-0.14167316	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3478	0.2758	0.0865	0.0720	-0.0145	-0.14673292	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3473	0.2759	0.0865	0.0714	-0.0151	-0.15280462	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3453	0.2751	0.0865	0.0702	-0.0163	-0.16494804	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3446	0.2749	0.0865	0.0697	-0.0168	-0.17000779	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3425	0.2745	0.0865	0.0680	-0.0185	-0.18721096	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3418	0.2749	0.0865	0.0669	-0.0196	-0.19834242	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3416	0.2751	0.0865	0.0665	-0.0200	-0.20239023	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3423	0.2764	0.0865	0.0659	-0.0206	-0.20846194	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3411	0.2756	0.0865	0.0655	-0.0210	-0.21250974	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3408	0.2754	0.0865	0.0654	-0.0211	-0.21352169	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3393	0.2739	0.0865	0.0654	-0.0211	-0.21352169	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3401	0.2753	0.0865	0.0648	-0.0217	-0.21959340	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3389	0.2742	0.0865	0.0647	-0.0218	-0.22060535	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3391	0.2745	0.0865	0.0646	-0.0219	-0.22161730	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3361	0.2721	0.0865	0.0640	-0.0225	-0.22768901	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3355	0.2715	0.0865	0.0640	-0.0225	-0.22768901	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3337	0.2697	0.0865	0.0640	-0.0225	-0.22768901	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3339	0.2702	0.0865	0.0637	-0.0228	-0.23072486	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3335	0.2702	0.0865	0.0633	-0.0232	-0.23477267	28



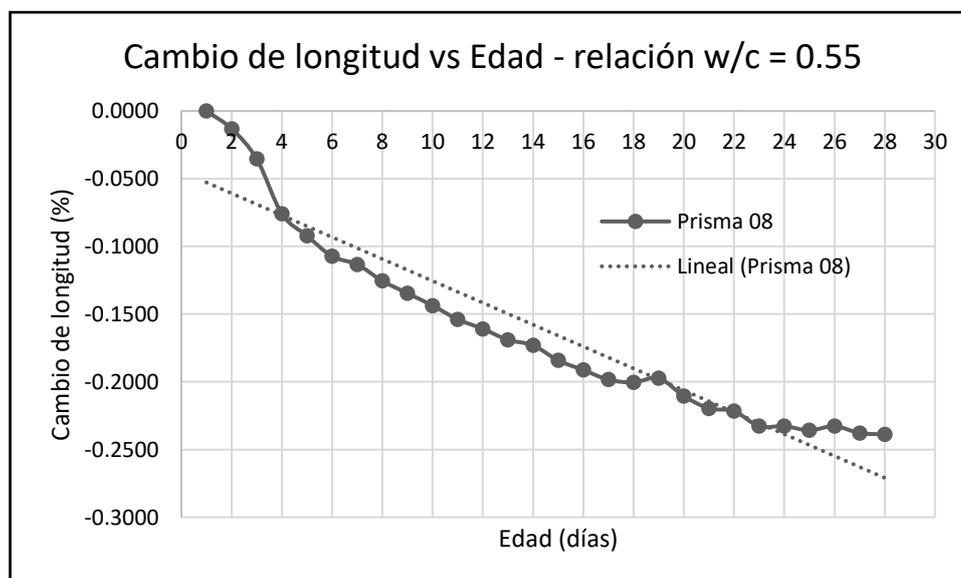
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	07
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ , n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	
27/07/2021	1	9.8819	*0.3525	*0.2690	0.0835	0.0835	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3475	0.2683	0.0835	0.0792	-0.0043	-0.04351390	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3377	0.2618	0.0835	0.0759	-0.0076	-0.07690829	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3465	0.2725	0.0835	0.0740	-0.0095	-0.09613536	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3446	0.2723	0.0835	0.0723	-0.0112	-0.11333853	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3414	0.2713	0.0835	0.0701	-0.0134	-0.13560145	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3406	0.2716	0.0835	0.0690	-0.0145	-0.14673292	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3435	0.2758	0.0835	0.0677	-0.0158	-0.15988828	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3418	0.2754	0.0835	0.0664	-0.0171	-0.17304365	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3416	0.2758	0.0835	0.0658	-0.0177	-0.17911535	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3409	0.2759	0.0835	0.0650	-0.0185	-0.18721096	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3395	0.2751	0.0835	0.0644	-0.0191	-0.19328267	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3380	0.2749	0.0835	0.0631	-0.0204	-0.20643803	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3374	0.2745	0.0835	0.0629	-0.0206	-0.20846194	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3370	0.2749	0.0835	0.0621	-0.0214	-0.21655754	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3368	0.2751	0.0835	0.0617	-0.0218	-0.22060535	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3377	0.2764	0.0835	0.0613	-0.0222	-0.22465315	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3356	0.2756	0.0835	0.0600	-0.0235	-0.23780852	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3348	0.2754	0.0835	0.0594	-0.0241	-0.24388023	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3335	0.2739	0.0835	0.0596	-0.0239	-0.24185632	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3338	0.2753	0.0835	0.0585	-0.0250	-0.25298779	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3328	0.2742	0.0835	0.0586	-0.0249	-0.25197583	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3326	0.2745	0.0835	0.0581	-0.0254	-0.25703559	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3297	0.2721	0.0835	0.0576	-0.0259	-0.26209535	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3293	0.2715	0.0835	0.0578	-0.0257	-0.26007144	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3273	0.2697	0.0835	0.0576	-0.0259	-0.26209535	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3275	0.2702	0.0835	0.0573	-0.0262	-0.26513120	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3274	0.2702	0.0835	0.0572	-0.0263	-0.26614315	28



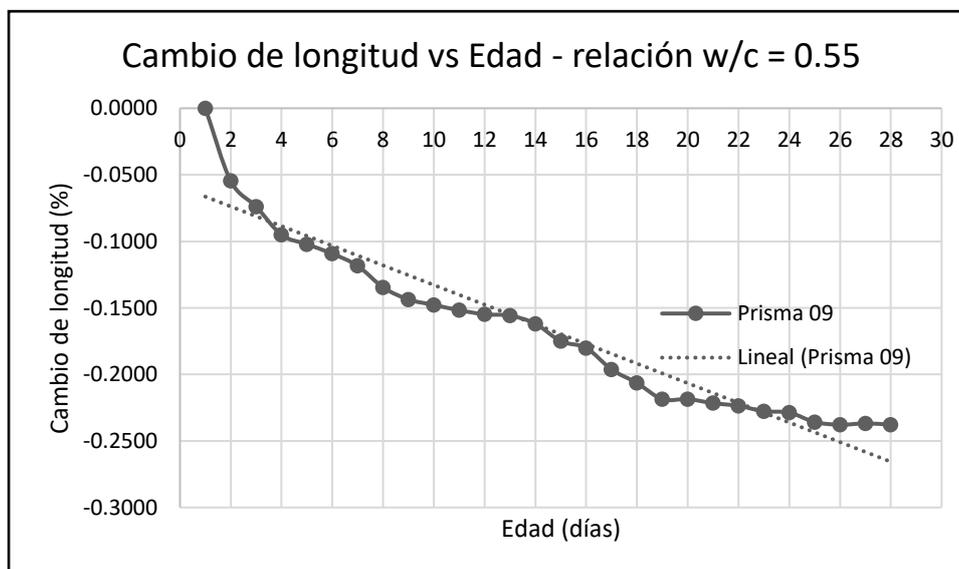
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	08
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c						
27/07/2021	1	9.8819	*0.3311	*0.2690	0.0621	0.0621	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3291	0.2683	0.0621	0.0608	-0.0013	-0.01315536	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3204	0.2618	0.0621	0.0586	-0.0035	-0.03541829	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3271	0.2725	0.0621	0.0546	-0.0075	-0.07589634	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3253	0.2723	0.0621	0.0530	-0.0091	-0.09208755	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3228	0.2713	0.0621	0.0515	-0.0106	-0.10726682	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3225	0.2716	0.0621	0.0509	-0.0112	-0.11333853	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3255	0.2758	0.0621	0.0497	-0.0124	-0.12548194	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3242	0.2754	0.0621	0.0488	-0.0133	-0.13458950	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3237	0.2758	0.0621	0.0479	-0.0142	-0.14369706	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3228	0.2759	0.0621	0.0469	-0.0152	-0.15381657	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3213	0.2751	0.0621	0.0462	-0.0159	-0.16090023	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3203	0.2749	0.0621	0.0454	-0.0167	-0.16899584	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3195	0.2745	0.0621	0.0450	-0.0171	-0.17304365	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3188	0.2749	0.0621	0.0439	-0.0182	-0.18417511	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3183	0.2751	0.0621	0.0432	-0.0189	-0.19125877	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3189	0.2764	0.0621	0.0425	-0.0196	-0.19834242	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3179	0.2756	0.0621	0.0423	-0.0198	-0.20036633	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3180	0.2754	0.0621	0.0426	-0.0195	-0.19733047	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3152	0.2739	0.0621	0.0413	-0.0208	-0.21048584	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3157	0.2753	0.0621	0.0404	-0.0217	-0.21959340	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3144	0.2742	0.0621	0.0402	-0.0219	-0.22161730	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3136	0.2745	0.0621	0.0391	-0.0230	-0.23274876	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3112	0.2721	0.0621	0.0391	-0.0230	-0.23274876	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3103	0.2715	0.0621	0.0388	-0.0233	-0.23578462	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3088	0.2697	0.0621	0.0391	-0.0230	-0.23274876	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3088	0.2702	0.0621	0.0386	-0.0235	-0.23780852	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3087	0.2702	0.0621	0.0385	-0.0236	-0.23882047	28



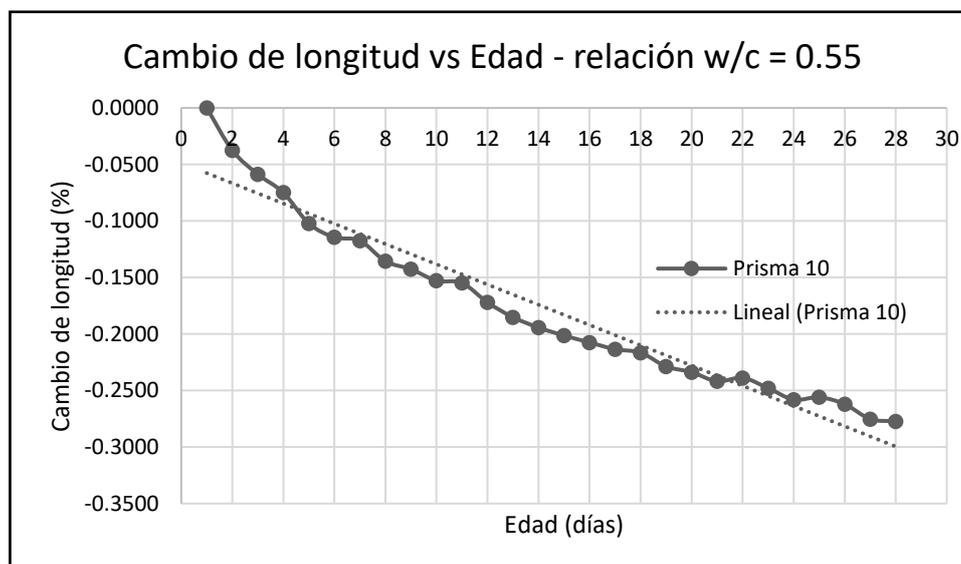
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	09
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
						E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	
A	B	C	*d = b - c						
27/07/2021	1	9.8819	*0.3563	*0.2690	0.0873	0.0873	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3502	0.2683	0.0873	0.0819	-0.0054	-0.05464536	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3418	0.2618	0.0873	0.0800	-0.0073	-0.07387243	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3504	0.2725	0.0873	0.0779	-0.0094	-0.09512341	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3495	0.2723	0.0873	0.0772	-0.0101	-0.10220707	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3478	0.2713	0.0873	0.0765	-0.0108	-0.10929072	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3472	0.2716	0.0873	0.0756	-0.0117	-0.11839828	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3498	0.2758	0.0873	0.0740	-0.0133	-0.13458950	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3485	0.2754	0.0873	0.0731	-0.0142	-0.14369706	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3485	0.2758	0.0873	0.0727	-0.0146	-0.14774487	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3482	0.2759	0.0873	0.0723	-0.0150	-0.15179267	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3471	0.2751	0.0873	0.0720	-0.0153	-0.15482852	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3468	0.2749	0.0873	0.0719	-0.0154	-0.15584048	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3458	0.2745	0.0873	0.0713	-0.0160	-0.16191218	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3449	0.2749	0.0873	0.0700	-0.0173	-0.17506755	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3446	0.2751	0.0873	0.0695	-0.0178	-0.18012730	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3443	0.2764	0.0873	0.0679	-0.0194	-0.19631852	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3425	0.2756	0.0873	0.0669	-0.0204	-0.20643803	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3411	0.2754	0.0873	0.0657	-0.0216	-0.21858145	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3396	0.2739	0.0873	0.0657	-0.0216	-0.21858145	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3407	0.2753	0.0873	0.0654	-0.0219	-0.22161730	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3394	0.2742	0.0873	0.0652	-0.0221	-0.22364120	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3393	0.2745	0.0873	0.0648	-0.0225	-0.22768901	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3368	0.2721	0.0873	0.0647	-0.0226	-0.22870096	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3355	0.2715	0.0873	0.0640	-0.0233	-0.23578462	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3335	0.2697	0.0873	0.0638	-0.0235	-0.23780852	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3341	0.2702	0.0873	0.0639	-0.0234	-0.23679657	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3340	0.2702	0.0873	0.0638	-0.0235	-0.23780852	28



Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.55
Espécimen	10
Tiempo de Curado	Sin curado

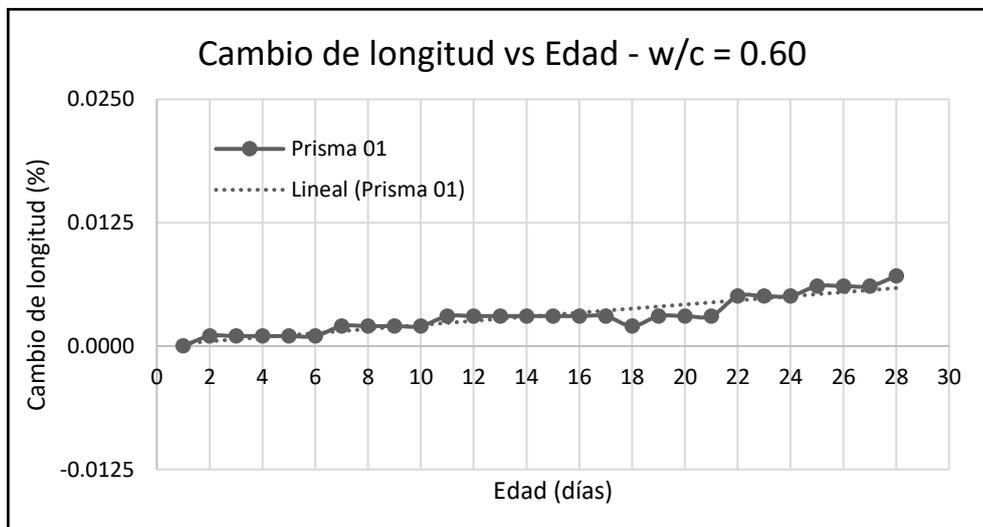
Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c						
27/07/2021	1	9.8819	*0.3415	*0.2690	0.0725	0.0725	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3371	0.2683	0.0725	0.0688	-0.0037	-0.03744219	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3285	0.2618	0.0725	0.0667	-0.0058	-0.058693166	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3376	0.2725	0.0725	0.0651	-0.0074	-0.074884385	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3347	0.2723	0.0725	0.0624	-0.0101	-0.102207065	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3325	0.2713	0.0725	0.0612	-0.0113	-0.114350479	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3325	0.2716	0.0725	0.0609	-0.0116	-0.117386333	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3349	0.2758	0.0725	0.0591	-0.0134	-0.135601453	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3338	0.2754	0.0725	0.0584	-0.0141	-0.142685111	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3332	0.2758	0.0725	0.0574	-0.0151	-0.152804623	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3331	0.2759	0.0725	0.0572	-0.0153	-0.154828525	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3306	0.2751	0.0725	0.0555	-0.0170	-0.172031694	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3291	0.2749	0.0725	0.0542	-0.0183	-0.185187059	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3278	0.2745	0.0725	0.0533	-0.0192	-0.194294619	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3275	0.2749	0.0725	0.0526	-0.0199	-0.201378277	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3271	0.2751	0.0725	0.0520	-0.0205	-0.207449984	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3278	0.2764	0.0725	0.0514	-0.0211	-0.213521691	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3267	0.2756	0.0725	0.0511	-0.0214	-0.216557545	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3253	0.2754	0.0725	0.0499	-0.0226	-0.228700958	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3233	0.2739	0.0725	0.0494	-0.0231	-0.233760714	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3239	0.2753	0.0725	0.0486	-0.0239	-0.241856323	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3231	0.2742	0.0725	0.0489	-0.0236	-0.238820470	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3225	0.2745	0.0725	0.0480	-0.0245	-0.247928030	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3191	0.2721	0.0725	0.0470	-0.0255	-0.258047541	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3187	0.2715	0.0725	0.0472	-0.0253	-0.256023639	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3163	0.2697	0.0725	0.0466	-0.0259	-0.262095346	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3155	0.2702	0.0725	0.0453	-0.0272	-0.275250711	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3153	0.2702	0.0725	0.0451	-0.0274	-0.277274613	28



- Cambio de longitud, 28 días curado relación w/c = 0.60

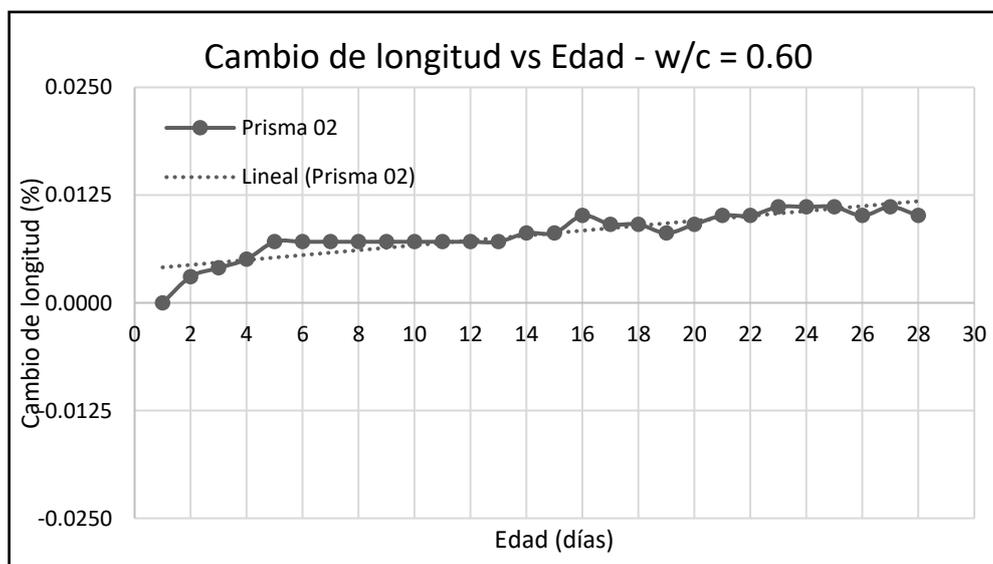
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	01
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3447	*0.2690	0.0757	0.0757	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3441	0.2683	0.0757	0.0758	0.0001	0.001011951	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3376	0.2618	0.0757	0.0758	0.0001	0.001011951	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3483	0.2725	0.0757	0.0758	0.0001	0.001011951	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3481	0.2723	0.0757	0.0758	0.0001	0.001011951	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3471	0.2713	0.0757	0.0758	0.0001	0.001011951	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3475	0.2716	0.0757	0.0759	0.0002	0.002023902	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3517	0.2758	0.0757	0.0759	0.0002	0.002023902	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3513	0.2754	0.0757	0.0759	0.0002	0.002023902	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3517	0.2758	0.0757	0.0759	0.0002	0.002023902	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3519	0.2759	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3511	0.2751	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3509	0.2749	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3505	0.2745	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3509	0.2749	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3511	0.2751	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3524	0.2764	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3515	0.2756	0.0757	0.0759	0.0002	0.002023902	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3514	0.2754	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3499	0.2739	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3513	0.2753	0.0757	0.0760	0.0003	0.003035853	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3504	0.2742	0.0757	0.0762	0.0005	0.005059756	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3507	0.2745	0.0757	0.0762	0.0005	0.005059756	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3483	0.2721	0.0757	0.0762	0.0005	0.005059756	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3478	0.2715	0.0757	0.0763	0.0006	0.006071707	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3460	0.2697	0.0757	0.0763	0.0006	0.006071707	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3465	0.2702	0.0757	0.0763	0.0006	0.006071707	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3466	0.2702	0.0757	0.0764	0.0007	0.007083658	28



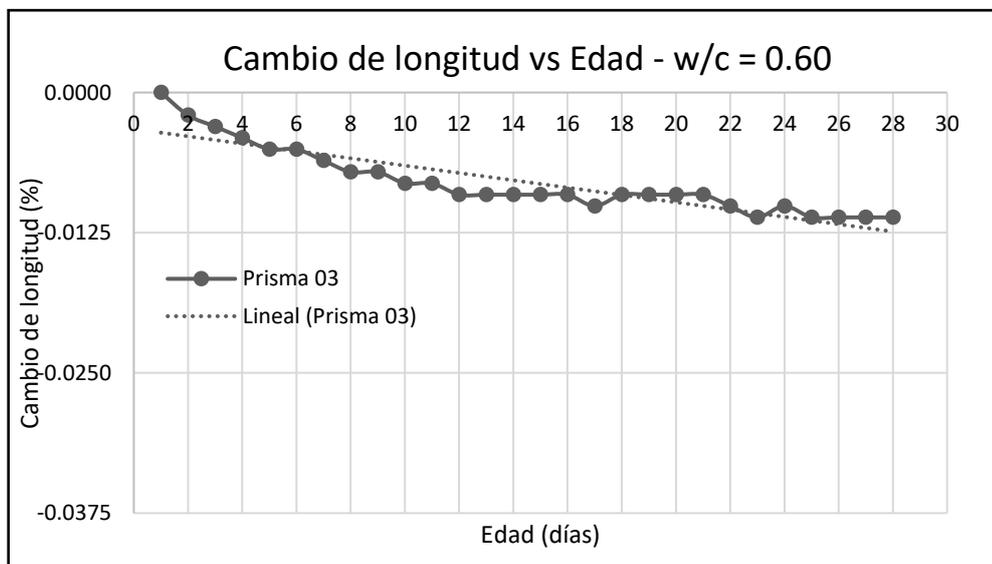
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	02
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
					*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ , n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	
27/07/2021	1	9.8819	*0.3323	*0.2690	0.0633	0.0633	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3319	0.2683	0.0633	0.0636	0.0003	0.003035853	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3255	0.2618	0.0633	0.0637	0.0004	0.004047805	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3363	0.2725	0.0633	0.0638	0.0005	0.005059756	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3363	0.2723	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3353	0.2713	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3356	0.2716	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3398	0.2758	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3394	0.2754	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3398	0.2758	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3399	0.2759	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3391	0.2751	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3389	0.2749	0.0633	0.0640	0.0007	0.007083658	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3386	0.2745	0.0633	0.0641	0.0008	0.008095609	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3390	0.2749	0.0633	0.0641	0.0008	0.008095609	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3394	0.2751	0.0633	0.0643	0.0010	0.010119511	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3406	0.2764	0.0633	0.0642	0.0009	0.009107560	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3398	0.2756	0.0633	0.0642	0.0009	0.009107560	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3395	0.2754	0.0633	0.0641	0.0008	0.008095609	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3381	0.2739	0.0633	0.0642	0.0009	0.009107560	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3396	0.2753	0.0633	0.0643	0.0010	0.010119511	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3385	0.2742	0.0633	0.0643	0.0010	0.010119511	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3389	0.2745	0.0633	0.0644	0.0011	0.011131463	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3365	0.2721	0.0633	0.0644	0.0011	0.011131463	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3359	0.2715	0.0633	0.0644	0.0011	0.011131463	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3340	0.2697	0.0633	0.0643	0.0010	0.010119511	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3346	0.2702	0.0633	0.0644	0.0011	0.011131463	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3345	0.2702	0.0633	0.0643	0.0010	0.010119511	28



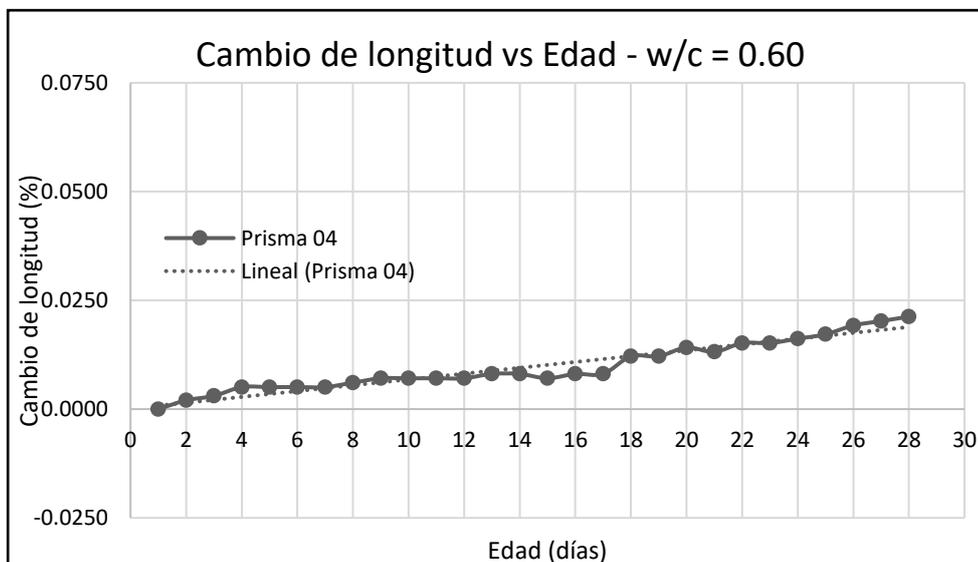
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	03
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
					*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ , n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	
27/07/2021	1	9.8819	*0.3305	*0.2690	0.0615	0.0615	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3296	0.2683	0.0615	0.0613	-0.0002	-0.00202390	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3230	0.2618	0.0615	0.0612	-0.0003	-0.00303585	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3336	0.2725	0.0615	0.0611	-0.0004	-0.00404780	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3333	0.2723	0.0615	0.0610	-0.0005	-0.00505976	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3323	0.2713	0.0615	0.0610	-0.0005	-0.00505976	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3325	0.2716	0.0615	0.0609	-0.0006	-0.00607171	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3366	0.2758	0.0615	0.0608	-0.0007	-0.00708366	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3362	0.2754	0.0615	0.0608	-0.0007	-0.00708366	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3365	0.2758	0.0615	0.0607	-0.0008	-0.00809561	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3366	0.2759	0.0615	0.0607	-0.0008	-0.00809561	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3357	0.2751	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3355	0.2749	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3351	0.2745	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3355	0.2749	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3357	0.2751	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3369	0.2764	0.0615	0.0605	-0.0010	-0.01011951	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3362	0.2756	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3360	0.2754	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3345	0.2739	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3359	0.2753	0.0615	0.0606	-0.0009	-0.00910756	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3347	0.2742	0.0615	0.0605	-0.0010	-0.01011951	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3349	0.2745	0.0615	0.0604	-0.0011	-0.01113146	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3326	0.2721	0.0615	0.0605	-0.0010	-0.01011951	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3319	0.2715	0.0615	0.0604	-0.0011	-0.01113146	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3301	0.2697	0.0615	0.0604	-0.0011	-0.01113146	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3306	0.2702	0.0615	0.0604	-0.0011	-0.01113146	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3306	0.2702	0.0615	0.0604	-0.0011	-0.01113146	28



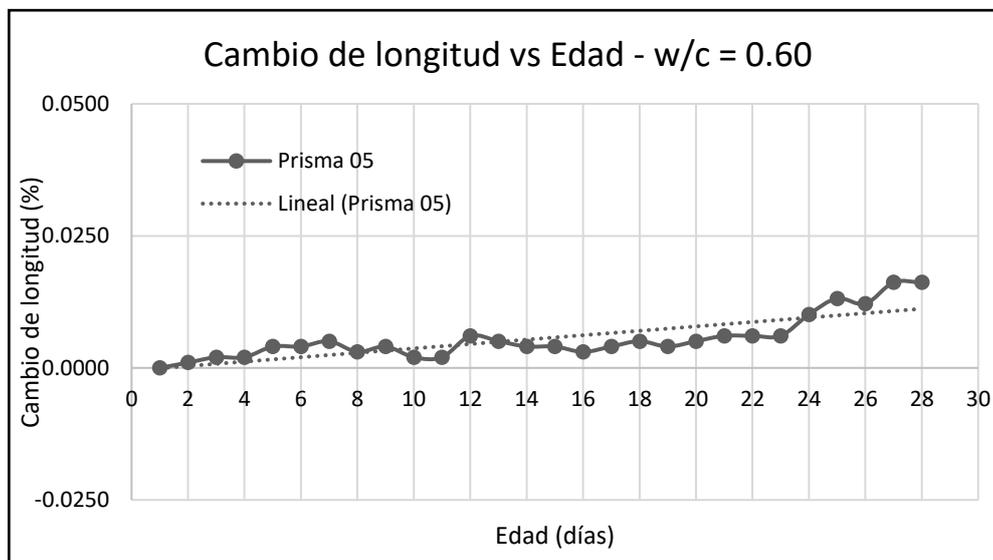
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	04
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n
27/07/2021	1	9.8819	*0.3337	*0.2690	0.0647	0.0647	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3332	0.2683	0.0647	0.0649	0.0002	0.002023902	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3268	0.2618	0.0647	0.0650	0.0003	0.003035853	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3377	0.2725	0.0647	0.0652	0.0005	0.005059756	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3375	0.2723	0.0647	0.0652	0.0005	0.005059756	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3365	0.2713	0.0647	0.0652	0.0005	0.005059756	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3368	0.2716	0.0647	0.0652	0.0005	0.005059756	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3411	0.2758	0.0647	0.0653	0.0006	0.006071707	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3408	0.2754	0.0647	0.0654	0.0007	0.007083658	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3412	0.2758	0.0647	0.0654	0.0007	0.007083658	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3413	0.2759	0.0647	0.0654	0.0007	0.007083658	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3405	0.2751	0.0647	0.0654	0.0007	0.007083658	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3404	0.2749	0.0647	0.0655	0.0008	0.008095609	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3400	0.2745	0.0647	0.0655	0.0008	0.008095609	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3403	0.2749	0.0647	0.0654	0.0007	0.007083658	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3406	0.2751	0.0647	0.0655	0.0008	0.008095609	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3419	0.2764	0.0647	0.0655	0.0008	0.008095609	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3415	0.2756	0.0647	0.0659	0.0012	0.012143414	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3413	0.2754	0.0647	0.0659	0.0012	0.012143414	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3400	0.2739	0.0647	0.0661	0.0014	0.014167316	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3413	0.2753	0.0647	0.0660	0.0013	0.013155365	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3404	0.2742	0.0647	0.0662	0.0015	0.015179267	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3407	0.2745	0.0647	0.0662	0.0015	0.015179267	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3384	0.2721	0.0647	0.0663	0.0016	0.016191218	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3379	0.2715	0.0647	0.0664	0.0017	0.017203169	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3363	0.2697	0.0647	0.0666	0.0019	0.019227072	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3369	0.2702	0.0647	0.0667	0.0020	0.020239023	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3370	0.2702	0.0647	0.0668	0.0021	0.021250974	28



Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	05
Tiempo de Curado	28 días

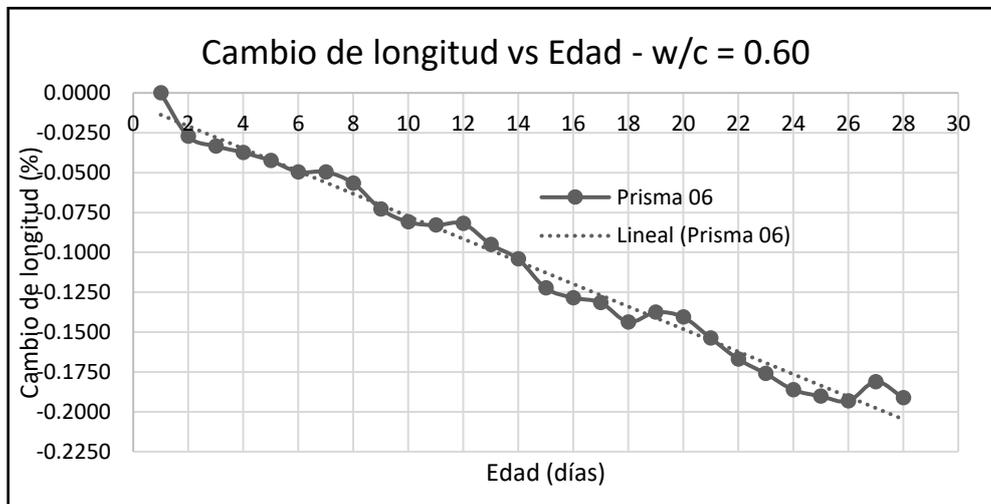
Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3368	*0.2690	0.0678	0.0678	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3362	0.2683	0.0678	0.0679	0.0001	0.001011951	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3298	0.2618	0.0678	0.0680	0.0002	0.002023902	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3405	0.2725	0.0678	0.0680	0.0002	0.002023902	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3405	0.2723	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3395	0.2713	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3399	0.2716	0.0678	0.0683	0.0005	0.005059756	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3439	0.2758	0.0678	0.0681	0.0003	0.003035853	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3436	0.2754	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3438	0.2758	0.0678	0.0680	0.0002	0.002023902	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3439	0.2759	0.0678	0.0680	0.0002	0.002023902	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3435	0.2751	0.0678	0.0684	0.0006	0.006071707	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3432	0.2749	0.0678	0.0683	0.0005	0.005059756	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3427	0.2745	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3431	0.2749	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3432	0.2751	0.0678	0.0681	0.0003	0.003035853	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3446	0.2764	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3439	0.2756	0.0678	0.0683	0.0005	0.005059756	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3436	0.2754	0.0678	0.0682	0.0004	0.004047805	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3422	0.2739	0.0678	0.0683	0.0005	0.005059756	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3437	0.2753	0.0678	0.0684	0.0006	0.006071707	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3426	0.2742	0.0678	0.0684	0.0006	0.006071707	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3429	0.2745	0.0678	0.0684	0.0006	0.006071707	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3409	0.2721	0.0678	0.0688	0.0010	0.010119511	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3406	0.2715	0.0678	0.0691	0.0013	0.013155365	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3387	0.2697	0.0678	0.0690	0.0012	0.012143414	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3396	0.2702	0.0678	0.0694	0.0016	0.016191218	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3396	0.2702	0.0678	0.0694	0.0016	0.016191218	28



- Cambio de longitud, sin curado relación w/c = 0.6

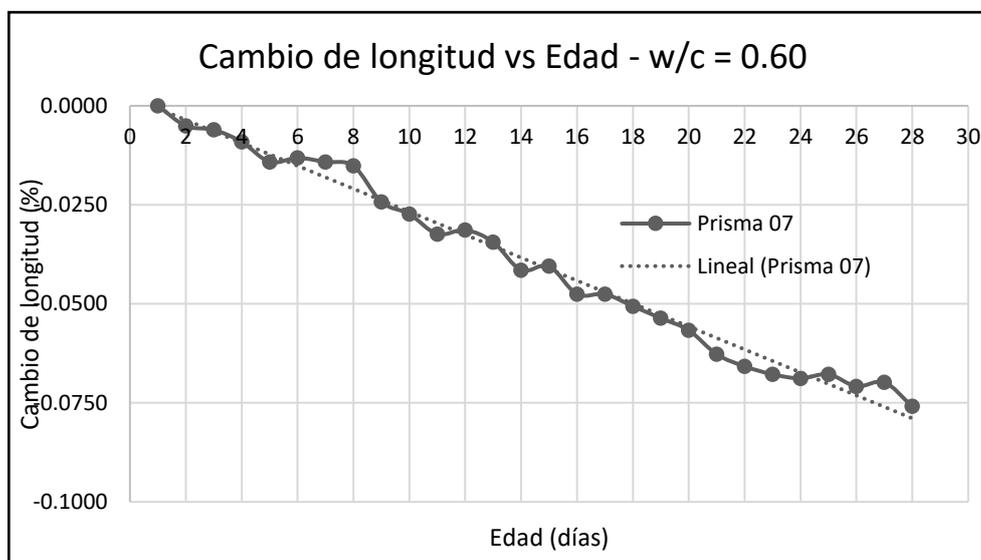
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	06
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3381	*0.2690	0.0691	0.0691	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3347	0.2683	0.0691	0.0664	-0.0027	-0.02732268	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3276	0.2618	0.0691	0.0658	-0.0033	-0.03339439	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3379	0.2725	0.0691	0.0654	-0.0037	-0.03744219	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3372	0.2723	0.0691	0.0649	-0.0042	-0.04250195	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3355	0.2713	0.0691	0.0642	-0.0049	-0.04958561	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3358	0.2716	0.0691	0.0642	-0.0049	-0.04958561	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3393	0.2758	0.0691	0.0635	-0.0056	-0.05666926	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3373	0.2754	0.0691	0.0619	-0.0072	-0.07286048	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3369	0.2758	0.0691	0.0611	-0.0080	-0.08095609	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3368	0.2759	0.0691	0.0609	-0.0082	-0.08297999	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3361	0.2751	0.0691	0.0610	-0.0081	-0.08196804	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3346	0.2749	0.0691	0.0597	-0.0094	-0.09512341	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3333	0.2745	0.0691	0.0588	-0.0103	-0.10423097	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3319	0.2749	0.0691	0.0570	-0.0121	-0.12244609	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3315	0.2751	0.0691	0.0564	-0.0127	-0.12851780	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3325	0.2764	0.0691	0.0561	-0.0130	-0.13155365	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3305	0.2756	0.0691	0.0549	-0.0142	-0.14369706	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3309	0.2754	0.0691	0.0555	-0.0136	-0.13762536	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3291	0.2739	0.0691	0.0552	-0.0139	-0.14066121	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3292	0.2753	0.0691	0.0539	-0.0152	-0.15381657	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3268	0.2742	0.0691	0.0526	-0.0165	-0.16697194	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3262	0.2745	0.0691	0.0517	-0.0174	-0.17607950	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3228	0.2721	0.0691	0.0507	-0.0184	-0.18619901	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3218	0.2715	0.0691	0.0503	-0.0188	-0.19024681	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3197	0.2697	0.0691	0.0500	-0.0191	-0.19328267	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3214	0.2702	0.0691	0.0512	-0.0179	-0.18113925	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3204	0.2702	0.0691	0.0502	-0.0189	-0.19125877	28



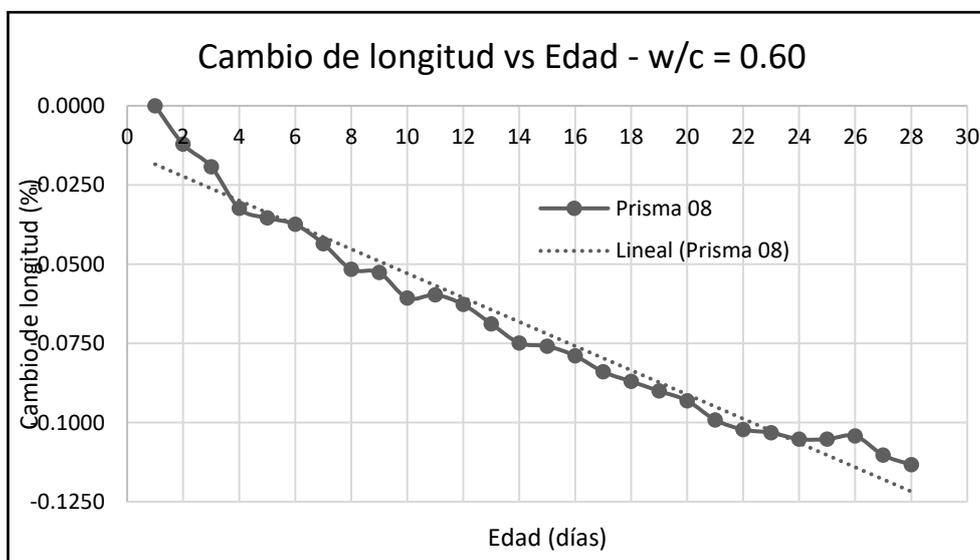
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	07
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
						A	B	C	
27/07/2021	1	9.8819	*0.3365	*0.2690	0.0675	0.0675	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3353	0.2683	0.0675	0.0670	-0.0005	-0.00505976	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3287	0.2618	0.0675	0.0669	-0.0006	-0.00607171	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3391	0.2725	0.0675	0.0666	-0.0009	-0.00910756	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3384	0.2723	0.0675	0.0661	-0.0014	-0.01416732	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3375	0.2713	0.0675	0.0662	-0.0013	-0.01315536	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3377	0.2716	0.0675	0.0661	-0.0014	-0.01416732	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3418	0.2758	0.0675	0.0660	-0.0015	-0.01517927	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3405	0.2754	0.0675	0.0651	-0.0024	-0.02428683	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3406	0.2758	0.0675	0.0648	-0.0027	-0.02732268	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3402	0.2759	0.0675	0.0643	-0.0032	-0.03238244	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3395	0.2751	0.0675	0.0644	-0.0031	-0.03137049	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3390	0.2749	0.0675	0.0641	-0.0034	-0.03440634	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3379	0.2745	0.0675	0.0634	-0.0041	-0.04149000	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3384	0.2749	0.0675	0.0635	-0.0040	-0.04047805	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3379	0.2751	0.0675	0.0628	-0.0047	-0.04756170	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3392	0.2764	0.0675	0.0628	-0.0047	-0.04756170	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3381	0.2756	0.0675	0.0625	-0.0050	-0.05059756	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3376	0.2754	0.0675	0.0622	-0.0053	-0.05363341	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3358	0.2739	0.0675	0.0619	-0.0056	-0.05666926	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3366	0.2753	0.0675	0.0613	-0.0062	-0.06274097	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3352	0.2742	0.0675	0.0610	-0.0065	-0.06577682	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3353	0.2745	0.0675	0.0608	-0.0067	-0.06780073	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3328	0.2721	0.0675	0.0607	-0.0068	-0.06881268	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3323	0.2715	0.0675	0.0608	-0.0067	-0.06780073	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3302	0.2697	0.0675	0.0605	-0.0070	-0.07083658	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3308	0.2702	0.0675	0.0606	-0.0069	-0.06982463	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3302	0.2702	0.0675	0.0600	-0.0075	-0.07589634	28



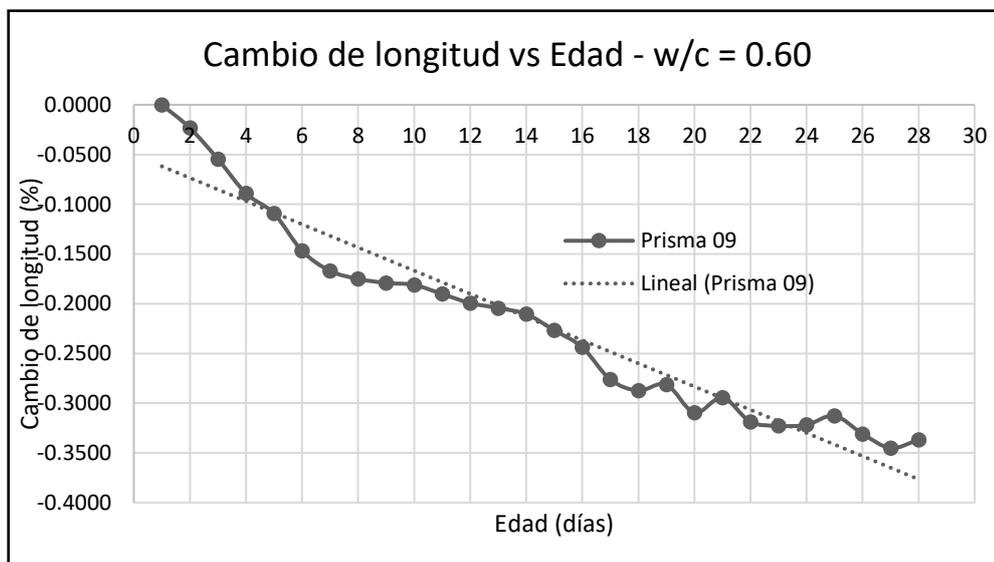
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	08
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n
27/07/2021	1	9.8819	*0.3578	*0.2690	0.0888	0.0888	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3559	0.2683	0.0888	0.0876	-0.0012	-0.01214341	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3487	0.2618	0.0888	0.0869	-0.0019	-0.01922707	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3581	0.2725	0.0888	0.0856	-0.0032	-0.03238244	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3576	0.2723	0.0888	0.0853	-0.0035	-0.03541829	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3564	0.2713	0.0888	0.0851	-0.0037	-0.03744219	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3561	0.2716	0.0888	0.0845	-0.0043	-0.04351390	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3595	0.2758	0.0888	0.0837	-0.0051	-0.05160951	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3590	0.2754	0.0888	0.0836	-0.0052	-0.05262146	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3586	0.2758	0.0888	0.0828	-0.0060	-0.06071707	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3588	0.2759	0.0888	0.0829	-0.0059	-0.05970512	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3577	0.2751	0.0888	0.0826	-0.0062	-0.06274097	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3569	0.2749	0.0888	0.0820	-0.0068	-0.06881268	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3559	0.2745	0.0888	0.0814	-0.0074	-0.07488438	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3562	0.2749	0.0888	0.0813	-0.0075	-0.07589634	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3561	0.2751	0.0888	0.0810	-0.0078	-0.07893219	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3569	0.2764	0.0888	0.0805	-0.0083	-0.08399194	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3558	0.2756	0.0888	0.0802	-0.0086	-0.08702780	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3553	0.2754	0.0888	0.0799	-0.0089	-0.09006365	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3535	0.2739	0.0888	0.0796	-0.0092	-0.09309951	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3543	0.2753	0.0888	0.0790	-0.0098	-0.09917121	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3529	0.2742	0.0888	0.0787	-0.0101	-0.10220707	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3531	0.2745	0.0888	0.0786	-0.0102	-0.10321902	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3505	0.2721	0.0888	0.0784	-0.0104	-0.10524292	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3499	0.2715	0.0888	0.0784	-0.0104	-0.10524292	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3482	0.2697	0.0888	0.0785	-0.0103	-0.10423097	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3481	0.2702	0.0888	0.0779	-0.0109	-0.11030267	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3478	0.2702	0.0888	0.0776	-0.0112	-0.11333853	28



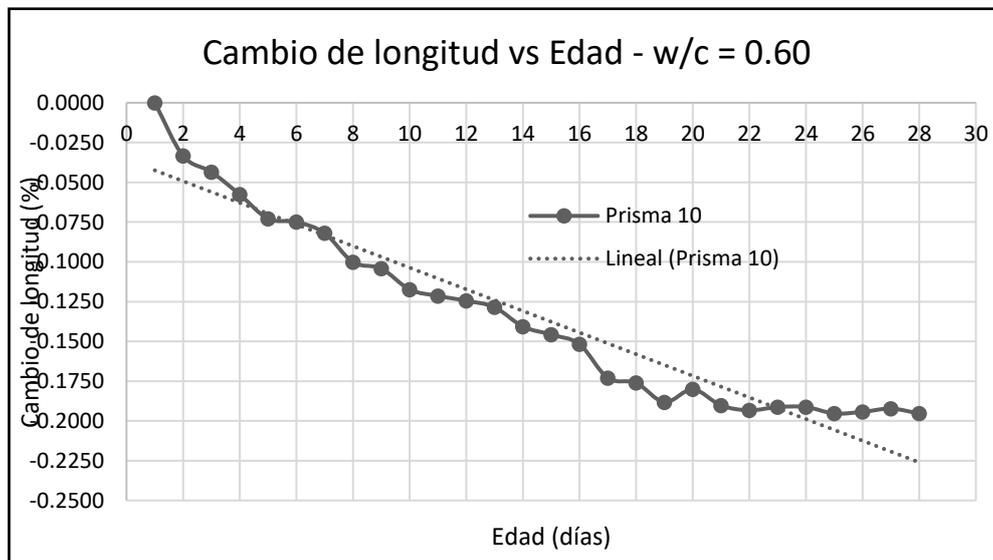
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	09
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
27/07/2021	1	9.8819	*0.3274	*0.2690	0.0584	0.0584	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3244	0.2683	0.0584	0.0561	-0.0023	-0.02327488	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3148	0.2618	0.0584	0.0530	-0.0054	-0.05464536	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3221	0.2725	0.0584	0.0496	-0.0088	-0.08905170	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3199	0.2723	0.0584	0.0476	-0.0108	-0.10929072	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3152	0.2713	0.0584	0.0439	-0.0145	-0.14673292	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3135	0.2716	0.0584	0.0419	-0.0165	-0.16697194	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3169	0.2758	0.0584	0.0411	-0.0173	-0.17506755	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3161	0.2754	0.0584	0.0407	-0.0177	-0.17911535	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3163	0.2758	0.0584	0.0405	-0.0179	-0.18113925	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3155	0.2759	0.0584	0.0396	-0.0188	-0.19024681	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3138	0.2751	0.0584	0.0387	-0.0197	-0.19935438	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3131	0.2749	0.0584	0.0382	-0.0202	-0.20441413	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3121	0.2745	0.0584	0.0376	-0.0208	-0.21048584	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3109	0.2749	0.0584	0.0360	-0.0224	-0.22667706	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3094	0.2751	0.0584	0.0343	-0.0241	-0.24388023	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3075	0.2764	0.0584	0.0311	-0.0273	-0.27626266	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3056	0.2756	0.0584	0.0300	-0.0284	-0.28739412	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3060	0.2754	0.0584	0.0306	-0.0278	-0.28132242	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3017	0.2739	0.0584	0.0278	-0.0306	-0.30965705	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3046	0.2753	0.0584	0.0293	-0.0291	-0.29447778	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3011	0.2742	0.0584	0.0269	-0.0315	-0.31876461	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3010	0.2745	0.0584	0.0265	-0.0319	-0.32281241	23
19/08/2021	24	9.8819	0.2987	0.2721	0.0584	0.0266	-0.0318	-0.32180046	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2990	0.2715	0.0584	0.0275	-0.0309	-0.31269290	25
21/08/2021	26	9.8819	0.2954	0.2697	0.0584	0.0257	-0.0327	-0.33090802	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2945	0.2702	0.0584	0.0243	-0.0341	-0.34507534	27
23/08/2021	28	9.8819	0.2953	0.2702	0.0584	0.0251	-0.0333	-0.33697973	28



Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.60
Espécimen	10
Tiempo de Curado	Sin curado

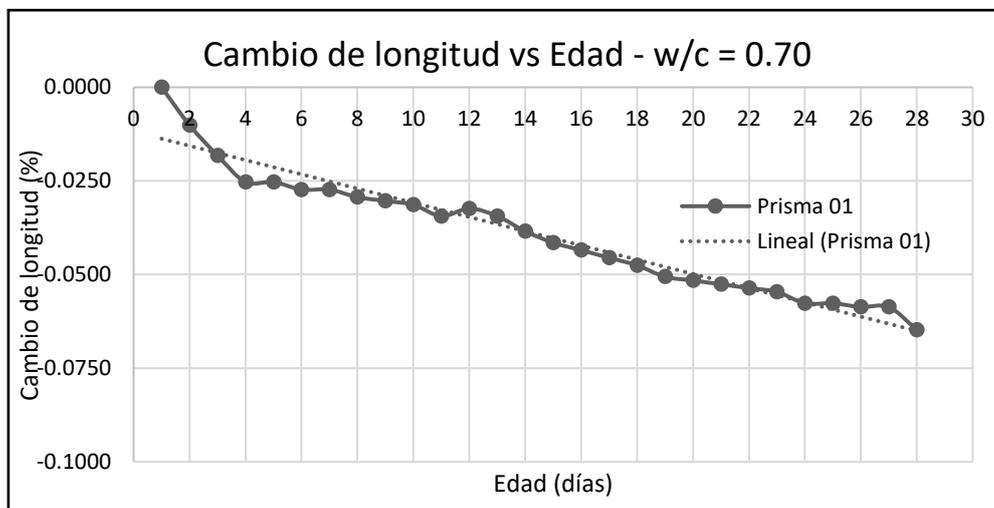
Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ , n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	n		
27/07/2021	1	9.8819	*0.3496	*0.2690	0.0806	0.0806	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3456	0.2683	0.0806	0.0773	-0.0033	-0.03339439	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3381	0.2618	0.0806	0.0763	-0.0043	-0.04351390	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3474	0.2725	0.0806	0.0749	-0.0057	-0.05768122	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3457	0.2723	0.0806	0.0734	-0.0072	-0.07286048	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3445	0.2713	0.0806	0.0732	-0.0074	-0.07488438	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3441	0.2716	0.0806	0.0725	-0.0081	-0.08196804	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3465	0.2758	0.0806	0.0707	-0.0099	-0.10018316	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3457	0.2754	0.0806	0.0703	-0.0103	-0.10423097	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3448	0.2758	0.0806	0.0690	-0.0116	-0.11738633	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3445	0.2759	0.0806	0.0686	-0.0120	-0.12143414	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3434	0.2751	0.0806	0.0683	-0.0123	-0.12446999	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3428	0.2749	0.0806	0.0679	-0.0127	-0.12851780	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3412	0.2745	0.0806	0.0667	-0.0139	-0.14066121	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3411	0.2749	0.0806	0.0662	-0.0144	-0.14572096	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3407	0.2751	0.0806	0.0656	-0.0150	-0.15179267	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3399	0.2764	0.0806	0.0635	-0.0171	-0.17304365	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3388	0.2756	0.0806	0.0632	-0.0174	-0.17607950	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3374	0.2754	0.0806	0.0620	-0.0186	-0.18822291	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3367	0.2739	0.0806	0.0628	-0.0178	-0.18012730	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3371	0.2753	0.0806	0.0618	-0.0188	-0.19024681	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3357	0.2742	0.0806	0.0615	-0.0191	-0.19328267	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3362	0.2745	0.0806	0.0617	-0.0189	-0.19125877	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3338	0.2721	0.0806	0.0617	-0.0189	-0.19125877	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3328	0.2715	0.0806	0.0613	-0.0193	-0.19530657	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3311	0.2697	0.0806	0.0614	-0.0192	-0.19429462	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3318	0.2702	0.0806	0.0616	-0.0190	-0.19227072	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3315	0.2702	0.0806	0.0613	-0.0193	-0.19530657	28



- Cambio de longitud, 28 días curado relación w/c = 0.70

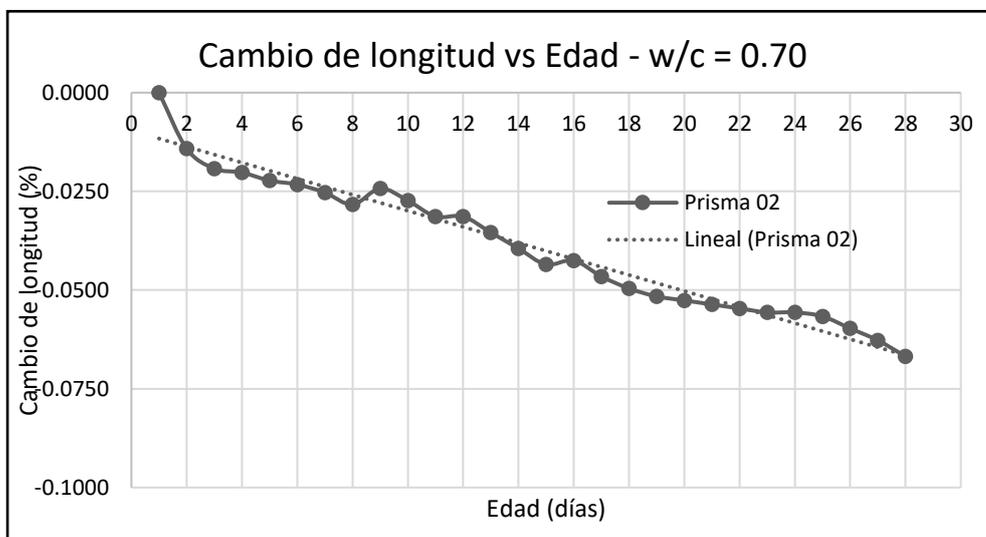
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	01
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n
27/07/2021	1	9.8819	0.3107	0.2683	0.0424	0.0424	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3032	0.2618	0.0424	0.0414	-0.0010	-0.01011951	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3131	0.2725	0.0424	0.0406	-0.0018	-0.01821512	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3122	0.2723	0.0424	0.0399	-0.0025	-0.02529878	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3112	0.2713	0.0424	0.0399	-0.0025	-0.02529878	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3113	0.2716	0.0424	0.0397	-0.0027	-0.02732268	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3155	0.2758	0.0424	0.0397	-0.0027	-0.02732268	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3149	0.2754	0.0424	0.0395	-0.0029	-0.02934658	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3152	0.2758	0.0424	0.0394	-0.0030	-0.03035853	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3152	0.2759	0.0424	0.0393	-0.0031	-0.03137049	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3141	0.2751	0.0424	0.0390	-0.0034	-0.03440634	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3141	0.2749	0.0424	0.0392	-0.0032	-0.03238244	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3135	0.2745	0.0424	0.0390	-0.0034	-0.03440634	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3135	0.2749	0.0424	0.0386	-0.0038	-0.03845414	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3134	0.2751	0.0424	0.0383	-0.0041	-0.04149000	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3145	0.2764	0.0424	0.0381	-0.0043	-0.04351390	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3135	0.2756	0.0424	0.0379	-0.0045	-0.04553780	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3131	0.2754	0.0424	0.0377	-0.0047	-0.04756170	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3113	0.2739	0.0424	0.0374	-0.0050	-0.05059756	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3126	0.2753	0.0424	0.0373	-0.0051	-0.05160951	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3114	0.2742	0.0424	0.0372	-0.0052	-0.05262146	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3116	0.2745	0.0424	0.0371	-0.0053	-0.05363341	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3091	0.2721	0.0424	0.0370	-0.0054	-0.05464536	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3082	0.2715	0.0424	0.0367	-0.0057	-0.05768122	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3064	0.2697	0.0424	0.0367	-0.0057	-0.05768122	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3068	0.2702	0.0424	0.0366	-0.0058	-0.05869317	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3068	0.2702	0.0424	0.0366	-0.0058	-0.05869317	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3109	0.2749	0.0424	0.0360	-0.0064	-0.06476487	28



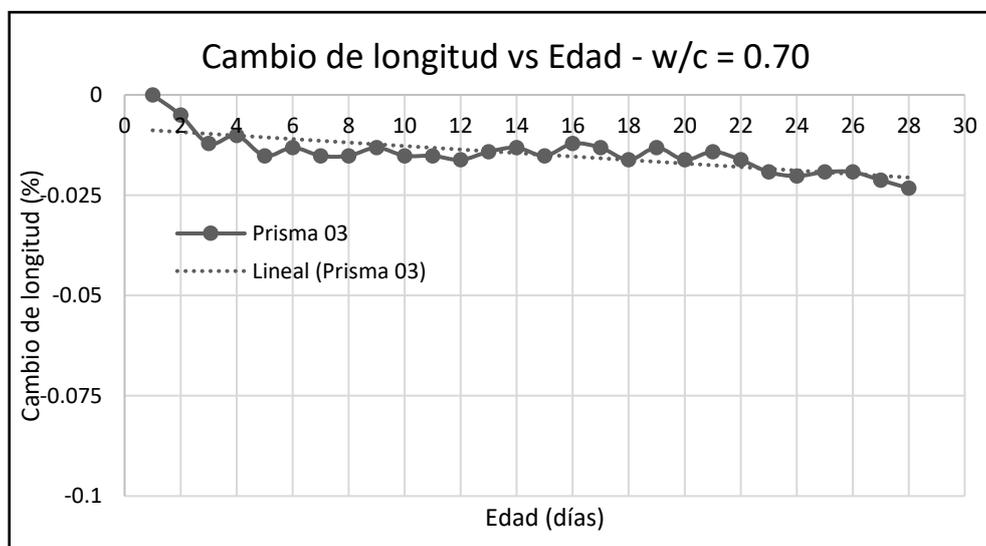
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	02
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2, \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	0.2498	0.2683	-0.0185	-0.0185	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.2419	0.2618	-0.0185	-0.0199	-0.0014	-0.01416732	2
29/07/2021	3	9.8819	0.2521	0.2725	-0.0185	-0.0204	-0.0019	-0.01922707	3
30/07/2021	4	9.8819	0.2518	0.2723	-0.0185	-0.0205	0.0001	-0.02023902	4
31/07/2021	5	9.8819	0.2506	0.2713	-0.0185	-0.0207	-0.0022	-0.02226293	5
01/08/2021	6	9.8819	0.2508	0.2716	-0.0185	-0.0208	-0.0023	-0.02327488	6
02/08/2021	7	9.8819	0.2548	0.2758	-0.0185	-0.0210	-0.0025	-0.02529878	7
03/08/2021	8	9.8819	0.2541	0.2754	-0.0185	-0.0213	-0.0028	-0.02833463	8
04/08/2021	9	9.8819	0.2549	0.2758	-0.0185	-0.0209	-0.0024	-0.02428683	9
05/08/2021	10	9.8819	0.2547	0.2759	-0.0185	-0.0212	-0.0027	-0.02732268	10
06/08/2021	11	9.8819	0.2535	0.2751	-0.0185	-0.0216	-0.0031	-0.03137049	11
07/08/2021	12	9.8819	0.2533	0.2749	-0.0185	-0.0216	-0.0031	-0.03137049	12
08/08/2021	13	9.8819	0.2525	0.2745	-0.0185	-0.0220	-0.0035	-0.03541829	13
09/08/2021	14	9.8819	0.2525	0.2749	-0.0185	-0.0224	-0.0039	-0.03946609	14
10/08/2021	15	9.8819	0.2523	0.2751	-0.0185	-0.0228	-0.0043	-0.04351390	15
11/08/2021	16	9.8819	0.2537	0.2764	-0.0185	-0.0227	-0.0042	-0.04250195	16
12/08/2021	17	9.8819	0.2525	0.2756	-0.0185	-0.0231	-0.0046	-0.04654975	17
13/08/2021	18	9.8819	0.2520	0.2754	-0.0185	-0.0234	-0.0049	-0.04958561	18
14/08/2021	19	9.8819	0.2503	0.2739	-0.0185	-0.0236	-0.0051	-0.05160951	19
15/08/2021	20	9.8819	0.2516	0.2753	-0.0185	-0.0237	-0.0052	-0.05262146	20
16/08/2021	21	9.8819	0.2504	0.2742	-0.0185	-0.0238	-0.0053	-0.05363341	21
17/08/2021	22	9.8819	0.2506	0.2745	-0.0185	-0.0239	-0.0054	-0.05464536	22
18/08/2021	23	9.8819	0.2481	0.2721	-0.0185	-0.0240	-0.0055	-0.05565731	23
19/08/2021	24	9.8819	0.2475	0.2715	-0.0185	-0.0240	-0.0055	-0.05565731	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2456	0.2697	-0.0185	-0.0241	-0.0056	-0.05666926	25
21/08/2021	26	9.8819	0.2458	0.2702	-0.0185	-0.0244	-0.0059	-0.05970512	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2455	0.2702	-0.0185	-0.0247	-0.0062	-0.06274097	27
23/08/2021	28	9.8819	0.2498	0.2749	-0.0185	-0.0251	-0.0066	-0.06678878	28



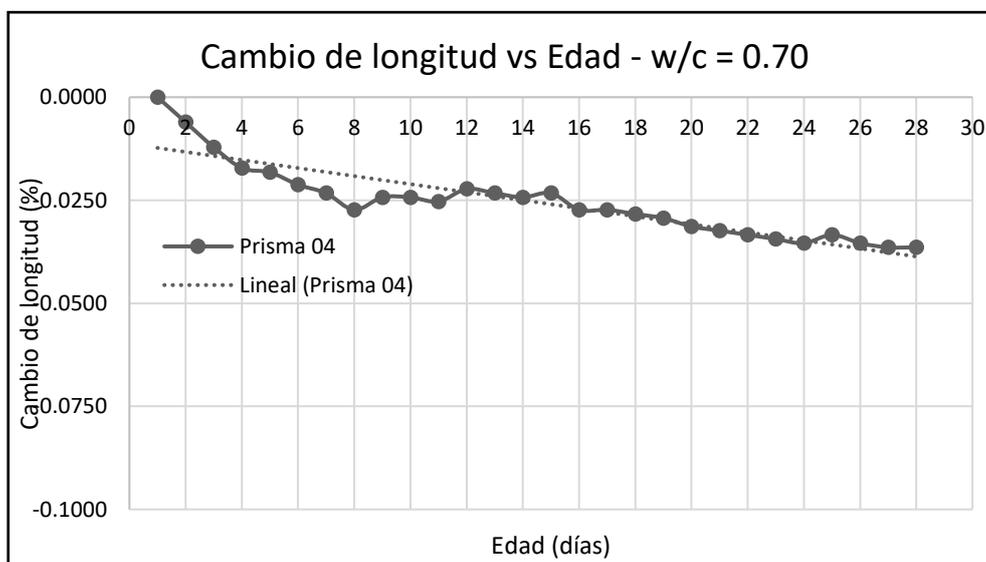
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	03
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n -n ₁ ,n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	n
27/07/2021	1	9.8819	0.3303	0.2683	0.0620	0.0620	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3233	0.2618	0.0620	0.0615	-0.0005	-0.00505976	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3333	0.2725	0.0620	0.0608	-0.0012	-0.01214341	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3333	0.2723	0.0620	0.0610	0.0001	-0.01011951	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3318	0.2713	0.0620	0.0605	-0.0015	-0.01517927	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3323	0.2716	0.0620	0.0607	-0.0013	-0.01315536	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3363	0.2758	0.0620	0.0605	-0.0015	-0.01517927	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3359	0.2754	0.0620	0.0605	-0.0015	-0.01517927	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3365	0.2758	0.0620	0.0607	-0.0013	-0.01315536	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3364	0.2759	0.0620	0.0605	-0.0015	-0.01517927	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3356	0.2751	0.0620	0.0605	-0.0015	-0.01517927	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3353	0.2749	0.0620	0.0604	-0.0016	-0.01619122	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3351	0.2745	0.0620	0.0606	-0.0014	-0.01416732	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3356	0.2749	0.0620	0.0607	-0.0013	-0.01315536	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3356	0.2751	0.0620	0.0605	-0.0015	-0.01517927	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3372	0.2764	0.0620	0.0608	-0.0012	-0.01214341	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3363	0.2756	0.0620	0.0607	-0.0013	-0.01315536	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3358	0.2754	0.0620	0.0604	-0.0016	-0.01619122	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3346	0.2739	0.0620	0.0607	-0.0013	-0.01315536	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3357	0.2753	0.0620	0.0604	-0.0016	-0.01619122	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3348	0.2742	0.0620	0.0606	-0.0014	-0.01416732	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3349	0.2745	0.0620	0.0604	-0.0016	-0.01619122	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3322	0.2721	0.0620	0.0601	-0.0019	-0.01922707	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3315	0.2715	0.0620	0.0600	-0.0020	-0.02023902	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3298	0.2697	0.0620	0.0601	-0.0019	-0.01922707	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3303	0.2702	0.0620	0.0601	-0.0019	-0.01922707	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3301	0.2702	0.0620	0.0599	-0.0021	-0.02125097	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3346	0.2749	0.0620	0.0597	-0.0023	-0.02327488	28



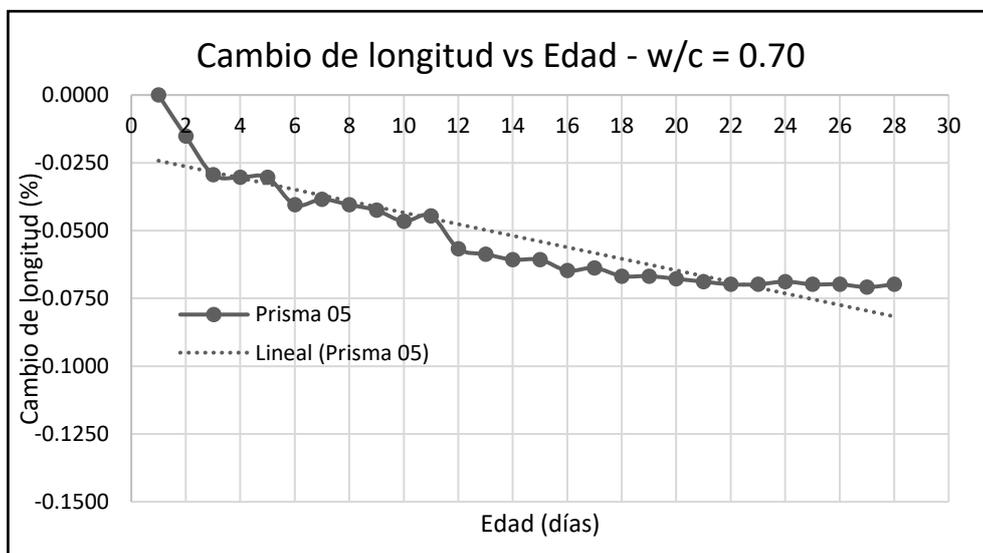
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	04
Tiempo de Curado	28 días

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
						A	B	C	
27/07/2021	1	9.8819	0.3415	0.2683	0.0732	0.0732	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3344	0.2618	0.0732	0.0726	-0.0006	-0.00607171	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3445	0.2725	0.0732	0.0720	-0.0012	-0.01214341	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3438	0.2723	0.0732	0.0715	0.0001	-0.01720317	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3427	0.2713	0.0732	0.0714	-0.0018	-0.01821512	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3427	0.2716	0.0732	0.0711	-0.0021	-0.02125097	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3467	0.2758	0.0732	0.0709	-0.0023	-0.02327488	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3459	0.2754	0.0732	0.0705	-0.0027	-0.02732268	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3466	0.2758	0.0732	0.0708	-0.0024	-0.02428683	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3467	0.2759	0.0732	0.0708	-0.0024	-0.02428683	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3458	0.2751	0.0732	0.0707	-0.0025	-0.02529878	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3459	0.2749	0.0732	0.0710	-0.0022	-0.02226293	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3454	0.2745	0.0732	0.0709	-0.0023	-0.02327488	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3457	0.2749	0.0732	0.0708	-0.0024	-0.02428683	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3460	0.2751	0.0732	0.0709	-0.0023	-0.02327488	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3469	0.2764	0.0732	0.0705	-0.0027	-0.02732268	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3461	0.2756	0.0732	0.0705	-0.0027	-0.02732268	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3458	0.2754	0.0732	0.0704	-0.0028	-0.02833463	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3442	0.2739	0.0732	0.0703	-0.0029	-0.02934658	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3454	0.2753	0.0732	0.0701	-0.0031	-0.03137049	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3442	0.2742	0.0732	0.0700	-0.0032	-0.03238244	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3444	0.2745	0.0732	0.0699	-0.0033	-0.03339439	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3419	0.2721	0.0732	0.0698	-0.0034	-0.03440634	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3412	0.2715	0.0732	0.0697	-0.0035	-0.03541829	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3396	0.2697	0.0732	0.0699	-0.0033	-0.03339439	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3399	0.2702	0.0732	0.0697	-0.0035	-0.03541829	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3398	0.2702	0.0732	0.0696	-0.0036	-0.03643024	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3445	0.2749	0.0732	0.0696	-0.0036	-0.03643024	28



Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	05
Tiempo de Curado	28 días

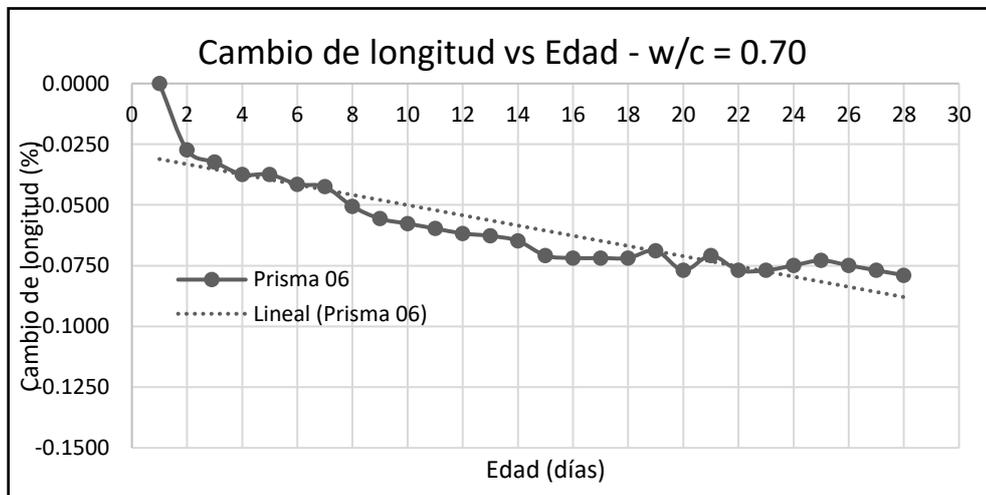
Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n = E _n - n ₁ , n ₂ ...	H = (F _n /A)*100	n		
27/07/2021	1	9.8819	0.3538	0.2683	0.0855	0.0855	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.3458	0.2618	0.0855	0.0840	-0.0015	-0.015179267	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3551	0.2725	0.0855	0.0826	-0.0029	-0.029346583	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3548	0.2723	0.0855	0.0825	0.0001	-0.030358534	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3538	0.2713	0.0855	0.0825	-0.0030	-0.030358534	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3531	0.2716	0.0855	0.0815	-0.0040	-0.040478046	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3575	0.2758	0.0855	0.0817	-0.0038	-0.038454143	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3569	0.2754	0.0855	0.0815	-0.0040	-0.040478046	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3571	0.2758	0.0855	0.0813	-0.0042	-0.042501948	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3568	0.2759	0.0855	0.0809	-0.0046	-0.046549753	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3562	0.2751	0.0855	0.0811	-0.0044	-0.044525850	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3548	0.2749	0.0855	0.0799	-0.0056	-0.056669264	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3542	0.2745	0.0855	0.0797	-0.0058	-0.058693166	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3544	0.2749	0.0855	0.0795	-0.0060	-0.060717069	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3546	0.2751	0.0855	0.0795	-0.0060	-0.060717069	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3555	0.2764	0.0855	0.0791	-0.0064	-0.064764873	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3548	0.2756	0.0855	0.0792	-0.0063	-0.063752922	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3543	0.2754	0.0855	0.0789	-0.0066	-0.066788775	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3528	0.2739	0.0855	0.0789	-0.0066	-0.066788775	19
15/08/2021	20	9.8819	0.3541	0.2753	0.0855	0.0788	-0.0067	-0.067800727	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3529	0.2742	0.0855	0.0787	-0.0068	-0.068812678	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3531	0.2745	0.0855	0.0786	-0.0069	-0.069824629	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3507	0.2721	0.0855	0.0786	-0.0069	-0.069824629	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3502	0.2715	0.0855	0.0787	-0.0068	-0.068812678	24
20/08/2021	25	9.8819	0.3483	0.2697	0.0855	0.0786	-0.0069	-0.069824629	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3488	0.2702	0.0855	0.0786	-0.0069	-0.069824629	26
22/08/2021	27	9.8819	0.3487	0.2702	0.0855	0.0785	-0.0070	-0.070836580	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3535	0.2749	0.0855	0.0786	-0.0069	-0.069824629	28



- Cambio de longitud, sin curado relación w/c = 0.70

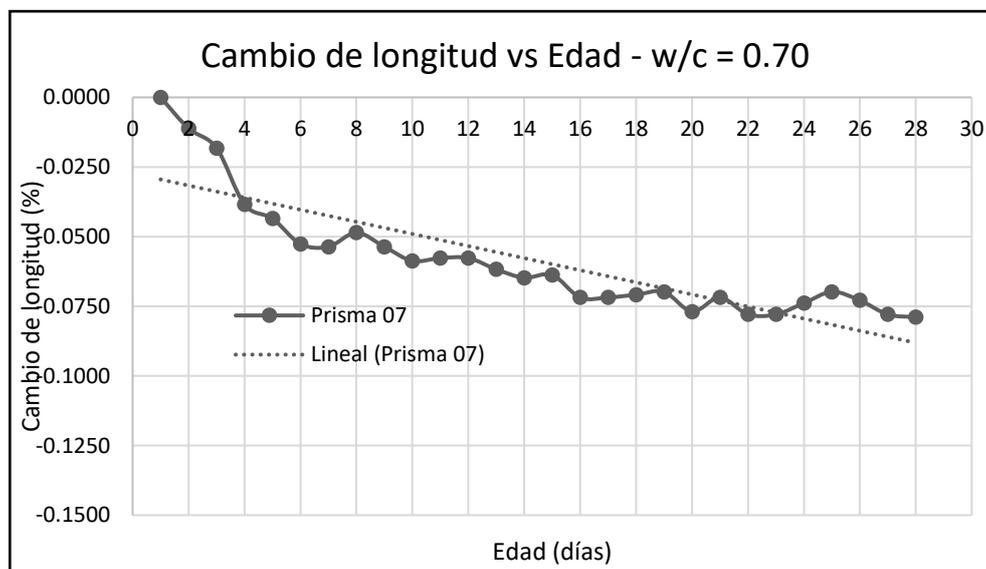
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	06
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						A	B	C	*d = b - c
27/07/2021	1	9.8819	0.2696	0.2683	0.0013	0.0013	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.2604	0.2618	0.0013	-0.0014	-0.0027	-0.02732268	2
29/07/2021	3	9.8819	0.2706	0.2725	0.0013	-0.0019	-0.0032	-0.03238244	3
30/07/2021	4	9.8819	0.2699	0.2723	0.0013	-0.0024	0.0001	-0.03744219	4
31/07/2021	5	9.8819	0.2689	0.2713	0.0013	-0.0024	-0.0037	-0.03744219	5
01/08/2021	6	9.8819	0.2688	0.2716	0.0013	-0.0028	-0.0041	-0.04149000	6
02/08/2021	7	9.8819	0.2729	0.2758	0.0013	-0.0029	-0.0042	-0.04250195	7
03/08/2021	8	9.8819	0.2717	0.2754	0.0013	-0.0037	-0.0050	-0.05059756	8
04/08/2021	9	9.8819	0.2716	0.2758	0.0013	-0.0042	-0.0055	-0.05565731	9
05/08/2021	10	9.8819	0.2715	0.2759	0.0013	-0.0044	-0.0057	-0.05768122	10
06/08/2021	11	9.8819	0.2705	0.2751	0.0013	-0.0046	-0.0059	-0.05970512	11
07/08/2021	12	9.8819	0.2701	0.2749	0.0013	-0.0048	-0.0061	-0.06172902	12
08/08/2021	13	9.8819	0.2696	0.2745	0.0013	-0.0049	-0.0062	-0.06274097	13
09/08/2021	14	9.8819	0.2698	0.2749	0.0013	-0.0051	-0.0064	-0.06476487	14
10/08/2021	15	9.8819	0.2694	0.2751	0.0013	-0.0057	-0.0070	-0.07083658	15
11/08/2021	16	9.8819	0.2706	0.2764	0.0013	-0.0058	-0.0071	-0.07184853	16
12/08/2021	17	9.8819	0.2698	0.2756	0.0013	-0.0058	-0.0071	-0.07184853	17
13/08/2021	18	9.8819	0.2696	0.2754	0.0013	-0.0058	-0.0071	-0.07184853	18
14/08/2021	19	9.8819	0.2684	0.2739	0.0013	-0.0055	-0.0068	-0.06881268	19
15/08/2021	20	9.8819	0.2690	0.2753	0.0013	-0.0063	-0.0076	-0.07690829	20
16/08/2021	21	9.8819	0.2685	0.2742	0.0013	-0.0057	-0.0070	-0.07083658	21
17/08/2021	22	9.8819	0.2682	0.2745	0.0013	-0.0063	-0.0076	-0.07690829	22
18/08/2021	23	9.8819	0.2658	0.2721	0.0013	-0.0063	-0.0076	-0.07690829	23
19/08/2021	24	9.8819	0.2654	0.2715	0.0013	-0.0061	-0.0074	-0.07488438	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2638	0.2697	0.0013	-0.0059	-0.0072	-0.07286048	25
21/08/2021	26	9.8819	0.2641	0.2702	0.0013	-0.0061	-0.0074	-0.07488438	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2639	0.2702	0.0013	-0.0063	-0.0076	-0.07690829	27
23/08/2021	28	9.8819	0.2684	0.2749	0.0013	-0.0065	-0.0078	-0.07893219	28



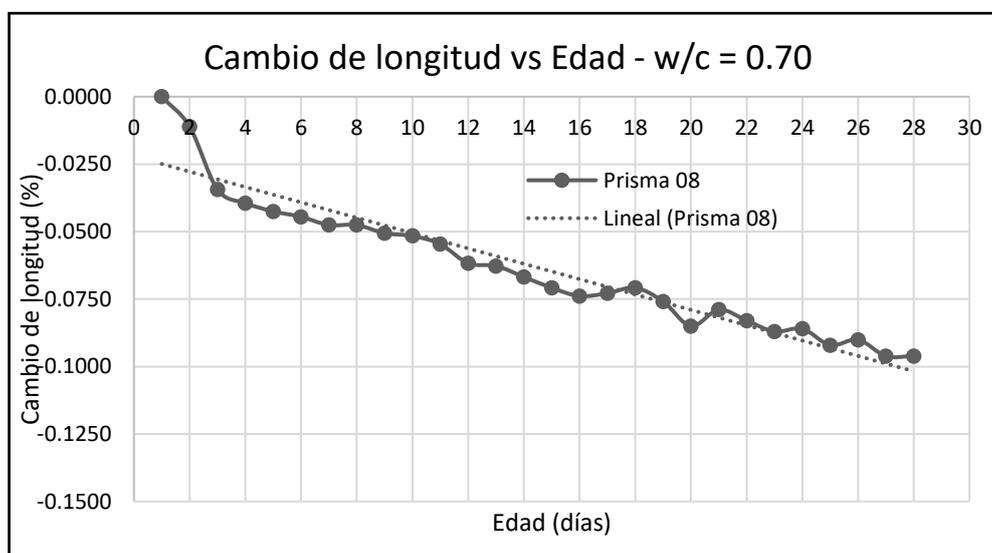
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	07
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			n
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	
A	B	C	*d = b - c						
27/07/2021	1	9.8819	0.2724	0.2683	0.0041	0.0041	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.2648	0.2618	0.0041	0.0030	-0.0011	-0.01113146	2
29/07/2021	3	9.8819	0.2748	0.2725	0.0041	0.0023	-0.0018	-0.01821512	3
30/07/2021	4	9.8819	0.2726	0.2723	0.0041	0.0003	0.0001	-0.03845414	4
31/07/2021	5	9.8819	0.2711	0.2713	0.0041	-0.0002	-0.0043	-0.04351390	5
01/08/2021	6	9.8819	0.2705	0.2716	0.0041	-0.0011	-0.0052	-0.05262146	6
02/08/2021	7	9.8819	0.2746	0.2758	0.0041	-0.0012	-0.0053	-0.05363341	7
03/08/2021	8	9.8819	0.2747	0.2754	0.0041	-0.0007	-0.0048	-0.04857365	8
04/08/2021	9	9.8819	0.2746	0.2758	0.0041	-0.0012	-0.0053	-0.05363341	9
05/08/2021	10	9.8819	0.2742	0.2759	0.0041	-0.0017	-0.0058	-0.05869317	10
06/08/2021	11	9.8819	0.2735	0.2751	0.0041	-0.0016	-0.0057	-0.05768122	11
07/08/2021	12	9.8819	0.2733	0.2749	0.0041	-0.0016	-0.0057	-0.05768122	12
08/08/2021	13	9.8819	0.2725	0.2745	0.0041	-0.0020	-0.0061	-0.06172902	13
09/08/2021	14	9.8819	0.2726	0.2749	0.0041	-0.0023	-0.0064	-0.06476487	14
10/08/2021	15	9.8819	0.2729	0.2751	0.0041	-0.0022	-0.0063	-0.06375292	15
11/08/2021	16	9.8819	0.2734	0.2764	0.0041	-0.0030	-0.0071	-0.07184853	16
12/08/2021	17	9.8819	0.2726	0.2756	0.0041	-0.0030	-0.0071	-0.07184853	17
13/08/2021	18	9.8819	0.2725	0.2754	0.0041	-0.0029	-0.0070	-0.07083658	18
14/08/2021	19	9.8819	0.2711	0.2739	0.0041	-0.0028	-0.0069	-0.06982463	19
15/08/2021	20	9.8819	0.2718	0.2753	0.0041	-0.0035	-0.0076	-0.07690829	20
16/08/2021	21	9.8819	0.2712	0.2742	0.0041	-0.0030	-0.0071	-0.07184853	21
17/08/2021	22	9.8819	0.2709	0.2745	0.0041	-0.0036	-0.0077	-0.07792024	22
18/08/2021	23	9.8819	0.2685	0.2721	0.0041	-0.0036	-0.0077	-0.07792024	23
19/08/2021	24	9.8819	0.2683	0.2715	0.0041	-0.0032	-0.0073	-0.07387243	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2669	0.2697	0.0041	-0.0028	-0.0069	-0.06982463	25
21/08/2021	26	9.8819	0.2671	0.2702	0.0041	-0.0031	-0.0072	-0.07286048	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2666	0.2702	0.0041	-0.0036	-0.0077	-0.07792024	27
23/08/2021	28	9.8819	0.2712	0.2749	0.0041	-0.0037	-0.0078	-0.07893219	28



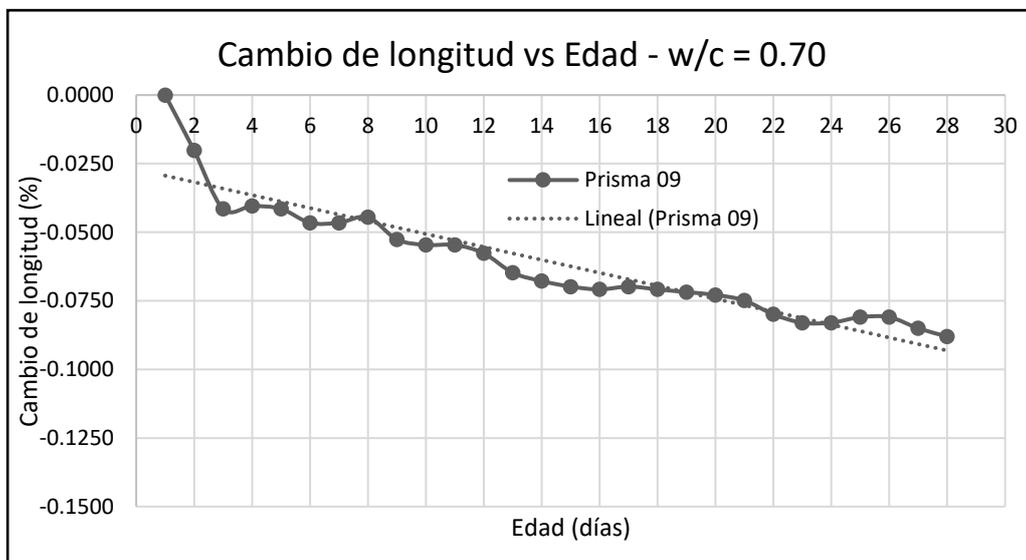
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	08
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	F _n =E _n - n ₁ , n ₂ ...	H=(F _n /A)*100	n		
27/07/2021	1	9.8819	0.3074	0.2683	0.0391	0.0391	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.2998	0.2618	0.0391	0.038	-0.0011	-0.01113146	2
29/07/2021	3	9.8819	0.3082	0.2725	0.0391	0.0357	-0.0034	-0.03440634	3
30/07/2021	4	9.8819	0.3075	0.2723	0.0391	0.0352	0.0001	-0.03946609	4
31/07/2021	5	9.8819	0.3062	0.2713	0.0391	0.0349	-0.0042	-0.04250195	5
01/08/2021	6	9.8819	0.3063	0.2716	0.0391	0.0347	-0.0044	-0.04452585	6
02/08/2021	7	9.8819	0.3102	0.2758	0.0391	0.0344	-0.0047	-0.04756170	7
03/08/2021	8	9.8819	0.3098	0.2754	0.0391	0.0344	-0.0047	-0.04756170	8
04/08/2021	9	9.8819	0.3099	0.2758	0.0391	0.0341	-0.0050	-0.05059756	9
05/08/2021	10	9.8819	0.3099	0.2759	0.0391	0.034	-0.0051	-0.05160951	10
06/08/2021	11	9.8819	0.3088	0.2751	0.0391	0.0337	-0.0054	-0.05464536	11
07/08/2021	12	9.8819	0.3079	0.2749	0.0391	0.0330	-0.0061	-0.06172902	12
08/08/2021	13	9.8819	0.3074	0.2745	0.0391	0.0329	-0.0062	-0.06274097	13
09/08/2021	14	9.8819	0.3074	0.2749	0.0391	0.0325	-0.0066	-0.06678878	14
10/08/2021	15	9.8819	0.3072	0.2751	0.0391	0.0321	-0.0070	-0.07083658	15
11/08/2021	16	9.8819	0.3082	0.2764	0.0391	0.0318	-0.0073	-0.07387243	16
12/08/2021	17	9.8819	0.3075	0.2756	0.0391	0.0319	-0.0072	-0.07286048	17
13/08/2021	18	9.8819	0.3075	0.2754	0.0391	0.0321	-0.0070	-0.07083658	18
14/08/2021	19	9.8819	0.3055	0.2739	0.0391	0.0316	-0.0075	-0.07589634	19
15/08/2021	20	9.8819	0.306	0.2753	0.0391	0.0307	-0.0084	-0.08500390	20
16/08/2021	21	9.8819	0.3055	0.2742	0.0391	0.0313	-0.0078	-0.07893219	21
17/08/2021	22	9.8819	0.3054	0.2745	0.0391	0.0309	-0.0082	-0.08297999	22
18/08/2021	23	9.8819	0.3026	0.2721	0.0391	0.0305	-0.0086	-0.08702780	23
19/08/2021	24	9.8819	0.3021	0.2715	0.0391	0.0306	-0.0085	-0.08601585	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2997	0.2697	0.0391	0.0300	-0.0091	-0.09208755	25
21/08/2021	26	9.8819	0.3004	0.2702	0.0391	0.0302	-0.0089	-0.09006365	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2998	0.2702	0.0391	0.0296	-0.0095	-0.09613536	27
23/08/2021	28	9.8819	0.3045	0.2749	0.0391	0.0296	-0.0095	-0.09613536	28



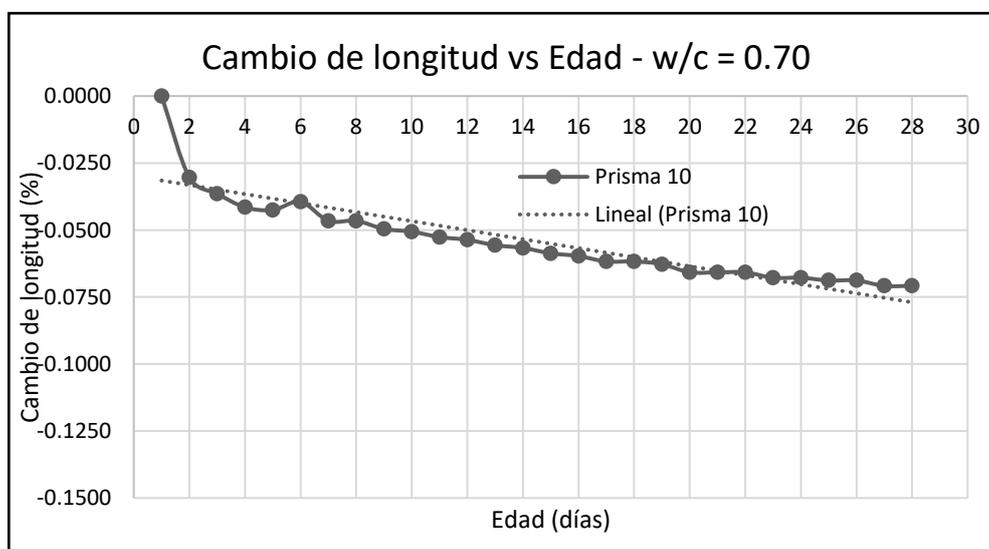
Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	09
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
		A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2 \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n
27/07/2021	1	9.8819	0.2760	0.2683	0.0077	0.0077	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.2675	0.2618	0.0077	0.0057	-0.0020	-0.02023902	2
29/07/2021	3	9.8819	0.2761	0.2725	0.0077	0.0036	-0.0041	-0.04149000	3
30/07/2021	4	9.8819	0.2760	0.2723	0.0077	0.0037	0.0001	-0.04047805	4
31/07/2021	5	9.8819	0.2749	0.2713	0.0077	0.0036	-0.0041	-0.04149000	5
01/08/2021	6	9.8819	0.2747	0.2716	0.0077	0.0031	-0.0046	-0.04654975	6
02/08/2021	7	9.8819	0.2789	0.2758	0.0077	0.0031	-0.0046	-0.04654975	7
03/08/2021	8	9.8819	0.2787	0.2754	0.0077	0.0033	-0.0044	-0.04452585	8
04/08/2021	9	9.8819	0.2783	0.2758	0.0077	0.0025	-0.0052	-0.05262146	9
05/08/2021	10	9.8819	0.2782	0.2759	0.0077	0.0023	-0.0054	-0.05464536	10
06/08/2021	11	9.8819	0.2774	0.2751	0.0077	0.0023	-0.0054	-0.05464536	11
07/08/2021	12	9.8819	0.2769	0.2749	0.0077	0.0020	-0.0057	-0.05768122	12
08/08/2021	13	9.8819	0.2758	0.2745	0.0077	0.0013	-0.0064	-0.06476487	13
09/08/2021	14	9.8819	0.2759	0.2749	0.0077	0.0010	-0.0067	-0.06780073	14
10/08/2021	15	9.8819	0.2759	0.2751	0.0077	0.0008	-0.0069	-0.06982463	15
11/08/2021	16	9.8819	0.2771	0.2764	0.0077	0.0007	-0.0070	-0.07083658	16
12/08/2021	17	9.8819	0.2764	0.2756	0.0077	0.0008	-0.0069	-0.06982463	17
13/08/2021	18	9.8819	0.2761	0.2754	0.0077	0.0007	-0.0070	-0.07083658	18
14/08/2021	19	9.8819	0.2745	0.2739	0.0077	0.0006	-0.0071	-0.07184853	19
15/08/2021	20	9.8819	0.2758	0.2753	0.0077	0.0005	-0.0072	-0.07286048	20
16/08/2021	21	9.8819	0.2745	0.2742	0.0077	0.0003	-0.0074	-0.07488438	21
17/08/2021	22	9.8819	0.2743	0.2745	0.0077	-0.0002	-0.0079	-0.07994414	22
18/08/2021	23	9.8819	0.2716	0.2721	0.0077	-0.0005	-0.0082	-0.08297999	23
19/08/2021	24	9.8819	0.2710	0.2715	0.0077	-0.0005	-0.0082	-0.08297999	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2694	0.2697	0.0077	-0.0003	-0.0080	-0.08095609	25
21/08/2021	26	9.8819	0.2699	0.2702	0.0077	-0.0003	-0.0080	-0.08095609	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2695	0.2702	0.0077	-0.0007	-0.0084	-0.08500390	27
23/08/2021	28	9.8819	0.2739	0.2749	0.0077	-0.001	-0.0087	-0.08803975	28



Tipo	Concreto cemento - arena w/c = 0.70
Espécimen	10
Tiempo de Curado	Sin curado

Día	Edad (días)	Longitud efectiva de calibración (pulg.)	Lectura del espécimen de concreto (pulg.)	Lectura de la barra invar	Diferencia de lectura inicial menos barra invar - solo la lectura inicial (pulg.)	Resultados			
						Lectura del espécimen concreto menos la lectura de la barra de referencia invar (pulg.)	Diferencia de la lectura actual e inicial (pulg.)	Cambio de longitud (%)	n
A	B	C	*d = b - c	E = B - C	$F_n = E_n - n_1, n_2, \dots$	$H = (F_n/A) * 100$	n		
27/07/2021	1	9.8819	0.2959	0.2683	0.0276	0.0276	0	0	1
28/07/2021	2	9.8819	0.2864	0.2618	0.0276	0.0246	-0.0030	-0.03035853	2
29/07/2021	3	9.8819	0.2965	0.2725	0.0276	0.0240	-0.0036	-0.03643024	3
30/07/2021	4	9.8819	0.2958	0.2723	0.0276	0.0235	0.0001	-0.04149000	4
31/07/2021	5	9.8819	0.2947	0.2713	0.0276	0.0234	-0.0042	-0.04250195	5
01/08/2021	6	9.8819	0.2953	0.2716	0.0276	0.0237	-0.0039	-0.03946609	6
02/08/2021	7	9.8819	0.2988	0.2758	0.0276	0.0230	-0.0046	-0.04654975	7
03/08/2021	8	9.8819	0.2984	0.2754	0.0276	0.0230	-0.0046	-0.04654975	8
04/08/2021	9	9.8819	0.2985	0.2758	0.0276	0.0227	-0.0049	-0.04958561	9
05/08/2021	10	9.8819	0.2985	0.2759	0.0276	0.0226	-0.0050	-0.05059756	10
06/08/2021	11	9.8819	0.2975	0.2751	0.0276	0.0224	-0.0052	-0.05262146	11
07/08/2021	12	9.8819	0.2972	0.2749	0.0276	0.0223	-0.0053	-0.05363341	12
08/08/2021	13	9.8819	0.2966	0.2745	0.0276	0.0221	-0.0055	-0.05565731	13
09/08/2021	14	9.8819	0.2969	0.2749	0.0276	0.0220	-0.0056	-0.05666926	14
10/08/2021	15	9.8819	0.2969	0.2751	0.0276	0.0218	-0.0058	-0.05869317	15
11/08/2021	16	9.8819	0.2981	0.2764	0.0276	0.0217	-0.0059	-0.05970512	16
12/08/2021	17	9.8819	0.2971	0.2756	0.0276	0.0215	-0.0061	-0.06172902	17
13/08/2021	18	9.8819	0.2969	0.2754	0.0276	0.0215	-0.0061	-0.06172902	18
14/08/2021	19	9.8819	0.2953	0.2739	0.0276	0.0214	-0.0062	-0.06274097	19
15/08/2021	20	9.8819	0.2964	0.2753	0.0276	0.0211	-0.0065	-0.06577682	20
16/08/2021	21	9.8819	0.2953	0.2742	0.0276	0.0211	-0.0065	-0.06577682	21
17/08/2021	22	9.8819	0.2956	0.2745	0.0276	0.0211	-0.0065	-0.06577682	22
18/08/2021	23	9.8819	0.2930	0.2721	0.0276	0.0209	-0.0067	-0.06780073	23
19/08/2021	24	9.8819	0.2924	0.2715	0.0276	0.0209	-0.0067	-0.06780073	24
20/08/2021	25	9.8819	0.2905	0.2697	0.0276	0.0208	-0.0068	-0.06881268	25
21/08/2021	26	9.8819	0.2910	0.2702	0.0276	0.0208	-0.0068	-0.06881268	26
22/08/2021	27	9.8819	0.2908	0.2702	0.0276	0.0206	-0.0070	-0.07083658	27
23/08/2021	28	9.8819	0.2955	0.2749	0.0276	0.0206	-0.0070	-0.07083658	28



ANEXO E

- Panel Fotográfico

FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

FOTO N° 01: Toma de muestra y homogenización del agregado fino para los respectivos ensayos.



FOTO N° 02: Pesado y separación de muestra para el ensayo de granulometría, lavado y peso específico.



FOTO N° 03: Preparación de muestra para el ensayo de peso específico y absorción



FOTO N° 04: Punto óptimo del agregado fino para el ensayo de peso específico en su condición Saturado Superficialmente Seco (SSS)



FOTO N° 05: Pesado de muestra en el frasco para el peso específico



FOTO N° 06: Muestras ensayadas para el peso específico



FOTO N° 07: Pesado de muestras después del reposo y llenado de agua hasta el punto de calibración de los frascos.



FOTO N° 08: Vaciado de muestras saturas para el ensayo de absorción del agregado fino



FOTO N° 09: Pesado y registro de datos para el ensayo de absorción.



FOTO N° 10: Colocación de muestras para el respectivo secado del ensayo de absorción



FOTO N° 11: Secado de muestras para los ensayos de Peso Unitario Suelto y Compactado, análisis granulométrico y pasante la malla N° 200



FOTO N° 12: Lavado de muestras para el ensayo de pasante la malla N° 200



FOTO N° 13: Lavado de muestras para el ensayo de análisis granulométrico



FOTO N° 14: Ensayo de análisis granulométrico



FOTO N° 15: Ensayo de peso unitario suelto



FOTO N° 16: Ensayo de peso unitario compactado



FOTO N° 17: Registro de datos para los ensayos de peso unitario suelto y compactado.



FOTO N° 18: Almacenamiento del cemento Sol Tipo I para el diseño de mezcla



FOTO N° 19: Preparación de los moldes cilíndricos y prismáticos con su engrasado (petróleo, para su fácil desmolde)



FOTO N° 20: Pesado del cemento Sol Tipo I para el diseño de mezcla



FOTO N° 21: Pesado del agregado fino (arena color blanco) para el diseño de mezcla



FOTO N° 22: Materiales listos para su posterior vaciado en la mezcladora (Trompo de 9 pies 3)



FOTO N° 23: Mezcladora de 9 pies 3 (Trompo para el diseño de mezcla)



FOTO N° 24: Medición de la consistencia de la mezcla (slump)



FOTO N° 25: Ensayo de peso unitario de la mezcla de concreto cemento – arena.



FOTO N° 26: Pesado y registro de datos del peso unitario de la mezcla de concreto cemento – arena.



FOTO N° 27: Ensayo de contenido de aire en la mezcla de concreto cemento – arena.



FOTO N° 28: Registro de la temperatura de la mezcla de concreto cemento – arena.



FOTO N° 29: Vaciado de la mezcla de concreto cemento – arena, en los moldes cilíndricos y prismáticos



FOTO N° 30: Enrasado de la mezcla para su posterior fraguado.



FOTO N° 31: Desencofrado de los moldes cilíndricos y prismáticos después de las 24 horas de vaciado.



FOTO N° 32: Curado de las probetas para sus respectivos ensayos



FOTO N° 33: Control y registro de la temperatura del ambiente



FOTO N° 34: Lectura de la barra Invar y registro de la humedad relativa del ambiente



FOTO N° 35: Lectura y registro del cambio de longitud en los prismas de concreto cemento – arena.



FOTO N° 36: Bloque de prismas de concreto cemento – arena para su posterior registro



FOTO N° 37: Registro de diámetros de las probetas para su posterior ensayo



FOTO N° 38: Ensayo de resistencia a la compresión de la probeta de 4 x 8 pulg.



FOTO N° 39: Ensayo de tracción por compresión diametral.



FOTO N° 40: Probeta luego de ser ensayada (tracción por compresión diametral)



FOTO N° 41: Preparación de probeta para el ensayo de módulo de elasticidad



FOTO N° 42: Ensayo de módulo de elasticidad



FOTO N° 43: Equipo de trabajo del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales de la UCP



FOTO N° 44: Técnico responsable del área de concreto



FOTO N° 45: Equipo de trabajo para el registro de datos de la investigación realizada



FOTO N° 46: Área de trabajo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú

