

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON INCORPORACIÓN DE
POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE
DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA
TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD
DEL CUSCO**

PRESENTADO POR:

- BR. IVANN ARNOLD MALDONADO
HUANCACHOQUE
- BR. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO

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

ASESOR:

ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO.**

presentado por: **NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO** con DNI Nro.: 73603526

presentado por: **IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE** con DNI Nro.: 75116167

para optar el título profesional/grado académico de **INGENIERO CIVIL.**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el **Software Anti plagio**, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Anti plagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de Investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al Inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Anti plagio.

Cusco, 02 de setiembre de 2024



Firma

Post firma: Ing. José Felipe Azpilcueta Carbonell

Nro. de DNI: 23881345

ORCID del Asesor 0000-0003-3954-4737

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Anti plagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el SistemaAnti plagio: **oid: 27259:377644698**
3. <https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:377644698?locale=es-MX> ✓

NOMBRE DEL TRABAJO

**ANALISIS PROPIEDADES MECANICAS D
E CONCRETO F'C 210 KGF_CM2 CON PO
LIMEROS ABSOVENTES DE AGUA PARA
CUR**

AUTOR

**NAYLAH - IVANN HUAMAN - MALDONA
DO**

RECUENTO DE PALABRAS

100025 Words

RECUENTO DE CARACTERES

424111 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

334 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

15.6MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 2, 2024 6:13 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 2, 2024 6:16 PM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la capacidad de superarme y desear lo mejor en cada paso que doy por este camino difícil y arduo de la vida. A mis amados padres Melquiades y Carmen, y a mi hermana Zarái, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo y motivación, por su amor incondicional y paciencia que fueron la base sobre la que he forjado cada uno de mis logros, por la educación y formación que me inculcaron para construir la persona que ahora soy. A mi querida abuelita María, por su inmenso amor, por cada palabra de aliento en los momentos que más los necesité y por siempre creer en mí y en mis sueños.

A mis maestros y amigos, que en el andar por la vida nos hemos ido encontrando, porque cada uno de ustedes ha motivado mis sueños y esperanzas en consolidar un mundo más humano y justo.

Ivann Arnold MALDONADO HUANCACHOQUE

A Dios, a mi querida Armita, quien gracias a su esfuerzo, dedicación y sacrificio me ha brindado las mejores condiciones para mi formación profesional y me ha apoyado en todos mis proyectos. A mis hermanos Rosalinda y Eduardo, quienes me han dado el ejemplo para seguir adelante ante las adversidades que enfrentamos. A mis docentes y amigos, quienes me brindaron su aliento, confianza y apoyo incondicional en cada paso que di, afianzando mis conocimientos, aptitudes y desarrollo profesional. Compartir este logro con todos ustedes lo hace aún más significativo para mí.

Naylah Diana HUAMAN SONCCO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a nuestro asesor Ing. JOSÉ FELIPE AZPILCUETA CARBONELL por su apoyo constante y permanente asesoría han proporcionado una base sólida de conocimientos y habilidades que han sido cruciales para el desarrollo de este trabajo de investigación. Su constante apoyo y dedicación por la enseñanza han sido la principal fuente de motivación fundamental para nuestro desarrollo y éxito en la investigación.

Nuestro agradecimiento se extiende a nuestra comisión de dictaminantes y replicantes agradecer por su inestimable guía, apoyo y paciencia durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Deseamos expresar nuestro más profundo agradecimiento a la prestigiosa Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por permitirnos ser parte de sus estudiantes siendo una fuente de inspiración a lo largo de la formación profesional, la cual nos permitió cumplir los estudios universitarios con estándares estimulantes y enriquecedores en nuestro crecimiento profesional. Finalmente, expreso mi gratitud a todo el personal administrativo y técnico de la universidad, cuyo apoyo y colaboración han facilitado la realización de esta tesis. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera significativa a nuestra experiencia académica y al éxito de esta investigación.

Gracias a todos por su apoyo incondicional, por el compromiso con la excelencia educativa y expresar este sentir satisfactorio por la realización del trabajo de investigación que servirá de gran apoyo para futuras investigaciones relacionadas.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
RESUMEN	XXIII
ABSTRACT.....	XXIV
INTRODUCCIÓN	XXV
JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	1
1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. PROBLEMA GENERAL.....	3
1.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	5
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
3.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	5
3.1.2. A NIVEL NACIONAL	5
3.2. POLIMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA).....	7
DEFINICIÓN	7
3.2.1. PROPIEDADES DEL PAA	7
3.2.2. PAA COMO AGENTE DE CURADO INTERNO	8
3.2.3. CLASIFICACIÓN DEL POLIMERO	9
3.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL POLIMERO.....	9

3.2.5. APLICACIONES.....	10
3.3. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....	11
3.3.1. IMPACTO AMBIENTAL DEL POLIMERO	11
3.4. CONCRETO.....	12
3.4.1. COMPONENTES DEL CONCRETO	12
3.4.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	16
3.4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	18
3.4.4. CURADO DEL CONCRETO.....	24
3.5. DISEÑO DE MEZCLAS CON EL MÉTODO ACI-211	29
3.5.1. SECUENCIA DE DISEÑO	29
4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	31
4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	31
5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
5.1. VARIABLES E INDICADORES	32
5.1.1. Variable independiente.....	32
5.1.2. Variable dependiente:.....	32
5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
5.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	33
5.4. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
5.5. ÁMBITO DE ESTUDIO	34
5.6. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
5.7. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	35
5.8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
5.9. SELECCIÓN DE LA MUESTRA	35
5.10. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN.....	35
5.11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACIÓN	36
6. PLANTEAMIENTO DEL MODELO EXPERIMENTAL	38
6.1. DESARROLLO DEL TRABAJO	38

6.2.	TAMAÑO DE MUESTRA	38
6.3.	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE TRABAJO	42
6.3.1.	AGREGADOS	42
6.3.2.	POLÍMERO	43
6.3.3.	CEMENTO.....	44
6.3.4.	AGUA	45
6.3.5.	YESO-PIEDRA (CAPING)	46
6.4.	ENSAYOS PREVIO AL VACIADO DE LA MEZCLA DE CONCRETO.....	46
6.4.1.	AGREGADO GRUESO	46
6.4.2.	AGREGADO FINO	53
6.4.3.	POLIMERO ABSORBENTE DE AGUA (PAA).....	61
6.4.4.	YESO-PIEDRA (CAPING)	64
6.5.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	65
6.5.1.	ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN (A.C.I. 211.1)	65
6.5.2.	DISEÑO DE MEZCLA	65
6.6.	ELABORACIÓN DE MUESTRAS (CUBOS, BRIQUETAS Y VIGAS)	72
6.6.1.	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	72
6.6.2.	PREPARACIÓN DE MOLDES	73
6.6.3.	PROPORCIONAMIENTO Y MEZCLADO DEL CONCRETO.....	73
6.6.4.	LLENADO DE LOS MOLDES.....	74
6.6.5.	DESMOLDE Y CURADO	75
6.7.	ENSAYOS EN EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	75
6.7.1.	PRUEBA DE REVENIMIENTO.....	75
6.7.2.	PRUEBA DE TEMPERATURA	76
6.7.3.	PRUEBA DE CONTENIDO DE AIRE.....	76
6.8.	ENSAYOS A LAS MUESTRAS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	77
6.8.1.	DIMENSIONAMIENTO	77
6.8.2.	DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA, ABSORCIÓN Y VACIOS	78
6.8.3.	CAMBIO VOLUMÉTRICO EN MUESTRAS CÚBICAS.....	79
6.8.4.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MUESTRAS CILÍNDRICAS	79

6.8.5.	MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON	80
6.8.6.	TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS	82
6.8.7.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS - MÓDULO DE ROTURA.....	83
7.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	84
7.1.	ENSAYO A LOS POLIMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA).....	84
7.1.1.	HUMEDAD DEL PAA EN ESTADO SECO	84
7.1.2.	PESO UNITARIO DEL PAA.....	85
7.1.3.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL PAA	85
7.1.4.	DESORCIÓN DE AGUA DEL PAA HIDRATADO.....	89
7.2.	ENSAYOS A LOS AGREGADOS PÉTREOS	92
7.2.1.	AGREGADO FINO	92
7.2.2.	AGREGADO GRUESO	100
7.3.	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO (Método ACI 211.1)	108
7.3.1.	DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO PATRÓN $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP)...	109
7.3.2.	DOSIFICACIÓN EN PESO Y VOLUMEN DEL CONCRETO	111
7.4.	CONCRETO EN ESTADO FRESCO	112
7.4.1.	TEMPERATURA DEL CONCRETO	112
7.4.2.	ASENTAMIENTO DEL COCRETO (SLUMP).....	113
7.4.3.	CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO – OLLA DE WASHINGTON ..	114
7.5.	CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	120
7.5.1.	DIMENSIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO.....	120
7.5.2.	ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE CONCRETO ENDURECIDO.....	128
7.5.3.	CAMBIO VOLUMÉTRICO EN MUESTRAS CÚBICAS.....	133
7.5.4.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MUESTRAS CILÍNDRICAS	136
7.5.5.	MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON	144
7.5.6.	TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS	151
7.5.7.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS	156
7.6.	REFRENTADO DE CILÍNDROS DE CONCRETO (CAPPING)	162
7.6.1.	Resistencia a la compresión de mortero a los 10 minutos.....	162
7.6.2.	Resistencia a la compresión de mortero a los 30 minutos.....	163

7.6.3. Resistencia a la compresión de mortero a los 60 minutos.....	164
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	165
8.1. INTRODUCCIÓN.....	165
8.2. DEL POLIMERO ABSORBENTE DE AGUA.....	165
8.3. DE LOS AGREGADOS.....	166
8.4. DEL DISEÑO DE MEZCLA.....	167
8.5. DE LOS ENSAYOS PARA EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	167
8.5.1. DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO	167
8.5.2. DEL ASENTAMIENTO O SLUMP.....	168
8.5.3. DEL CONTENIDO DE AIRE	168
8.6. DE LOS ENSAYOS PARA EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	168
8.6.1. DEL CAMBIO VOLUMÉTRICO EN MUESTRAS CÚBICAS	168
8.6.2. DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	170
8.6.3. DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON.....	172
8.6.4. DE LA TRACCIÓN INDIRECTA	174
8.6.5. DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	176
8.7. ANÁLISIS DE COSTOS	178
8.7.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - CONCRETO PATRÓN (DMCP) .	178
8.7.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (DMCP+1.5% PAA).....	179
8.7.3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (DMCP+2.5% PAA).....	180
8.7.4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (DP+ 3.5% PAA).....	181
8.7.5. RESUMEN COMPARATIVO DE COSTOS.....	181
8.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS (T-STUDENT)	182
8.8.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	183
8.8.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS MÓDULO DE ELASTICIDAD	184
8.8.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS RELACIÓN DE POISSON.....	185
8.8.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	186
8.8.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	187
8.8.6. RESUMEN DE ACEPTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	188
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	189

9.1. CONCLUSIONES.....	189
9.1.1. CONCLUSIÓN GENERAL	189
9.1.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	189
9.2. RECOMENDACIONES	191
9.2.1. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	192
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	193
ANEXOS	198
ANEXO A. FORMATOS DE EVALUACIÓN.....	198
ANEXO A1: FORMATO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	198
ANEXO A2: FORMATO PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	199
ANEXO A3: FORMATO PARA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	200
ANEXO A4: FORMATO PARA EL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN	
DE POISSON	201
ANEXO B. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	202
ANEXO B1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 0% PAA)	202
ANEXO B2: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 1.5% PAA)	204
ANEXO B3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 2.5% PAA)	206
ANEXO B4: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 3.5% PAA)	208
ANEXO C: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON.....	210
ANEXO C1: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP +	
0% PAA) 210	
ANEXO C2: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP +	
1.5% PAA)	222
ANEXO C3: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP +	
2.5% PAA)	234
ANEXO C4: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP +	
3.5% PAA)	246
ANEXO D. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO	258
ANEXO D1: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 0% PAA).....	258
ANEXO D2: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 1.5% PAA).....	260

ANEXO D3: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 2.5% PAA).....	262
ANEXO D4: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 3.5% PAA).....	264
ANEXO E. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.....	266
ANEXO E1: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 0% PAA).....	266
ANEXO E2: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 1.5% PAA)...	268
ANEXO E3: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 2.5% PAA)...	270
ANEXO E4: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 3.5% PAA)...	272
ANEXO F. CAMBIO VOLUMÉTRICO.....	274
ANEXO F1: REGISTRO DE MEDICIONES DE DIMENSIONES DIARIAS.....	274
ANEXO F2: REGISTRO DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DIARIA.....	278
ANEXO F3: VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DE CADA MUESTRA.....	282
ANEXO G: MATRIZ DE CONSISTENCIA	286
ANEXO H: FICHAS TÉCNICAS DE LOS INSUMOS	287
ANEXO H1. FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO	287
ANEXO H2. FICHA TÉCNICA DEL PAA	289
ANEXO I: COSTO HORA HOMBRE.....	291
ANEXO I1. Resolución gerencial general regional N° 321-2022-GR CUSCO/GGR.	291
ANEXO J: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN.....	295
ANEXO J1: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - MÁQUINA UNIVERSAL	295
ANEXO J2: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - PRENSA DE CONCRETO	297
ANEXO K: CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO FIC-UNSAAC	300
ANEXO L: REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	301
ANEXO J1: Fotografías de evaluación de agregados	301
ANEXO H2: Fotografías de evaluación del polímero absorbente de agua	303
ANEXO H3: Fotografías preparación de concreto y moldeo.....	304
ANEXO H4: Evaluación de concreto en estado endurecido	306

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tamaño de muestra para resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y relación de Poisson – 28 y 42 días	39
Tabla 2 Tamaño de muestra para resistencia a la compresión – 14 y 56 días.....	40
Tabla 3 Tamaño de muestra para resistencia a la flexión	40
Tabla 4 Tamaño de muestra para resistencia a la tracción indirecta.....	41
Tabla 5 Tamaño de muestra para el ensayo de cambio volumétrico	41
Tabla 6 Normativa para ensayos al agregado grueso	42
Tabla 7 Normativa para ensayos al agregado fino	43
Tabla 8 Requisitos químicos y mecánicos del cemento Portland tipo IP	45
Tabla 9 Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permiten determinar la desviación estándar	65
Tabla 10 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción	66
Tabla 11 Valores recomendados de asentamiento para diversas clases de construcción	66
Tabla 12 Tamaño máximo nominal del agregado grueso	67
Tabla 13 Volumen unitario de agua	68
Tabla 14 Contenido aire atrapado en concreto, sin aire incluido	68
Tabla 15 Relación agua/cemento por resistencia.	69
Tabla 16 Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla	70
Tabla 17 Humedad del PAA en estado seco	84
Tabla 18 Peso unitario del PAA.....	85
Tabla 19 Peso específico y absorción del PAA	86
Tabla 20 Absorción o hidratación del PAA - MUESTRA 01	87
Tabla 21 Absorción o hidratación del PAA - MUESTRA 02.....	88
Tabla 22 Absorción o hidratación del PAA - MUESTRA 03.....	89
Tabla 23 Desorción o retención del PAA	90
Tabla 24 Características físico-mecánicas del agregado fino	92
Tabla 25 Análisis granulométrico del agregado fino - MUESTRA 01	93
Tabla 26 Obtención del módulo de fineza del agregado fino – MUESTRA 01	93
Tabla 27 Análisis granulométrico del agregado fino - MUESTRA 02.....	94
Tabla 28 Obtención del módulo de fineza del agregado fino – MUESTRA 02	94

Tabla 29	Análisis granulométrico del agregado fino - MUESTRA 03.....	95
Tabla 30	Obtención del módulo de fineza del agregado fino – MUESTRA 03	95
Tabla 31	Módulo de fineza del agregado fino	96
Tabla 32	Humedad del agregado fino	96
Tabla 33	Peso específico y absorción del agregado fino	97
Tabla 34	Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino.....	98
Tabla 35	Peso unitario compactado y vacíos del agregado fino	99
Tabla 36	Características físico-mecánicas del agregado grueso	100
Tabla 37	Análisis granulométrico del agregado grueso - MUESTRA 01	101
Tabla 38	Obtención del módulo de fineza del agregado grueso – MUESTRA 01	101
Tabla 39	Análisis granulométrico del agregado grueso - MUESTRA 02	102
Tabla 40	Obtención del módulo de fineza del agregado grueso – MUESTRA 02	102
Tabla 41	Análisis granulométrico del agregado grueso - MUESTRA 03	103
Tabla 42	Obtención del módulo de fineza del agregado grueso – MUESTRA 03	103
Tabla 43	Módulo de fineza del agregado grueso	104
Tabla 44	Humedad del agregado grueso.....	104
Tabla 45	Peso específico y absorción del agregado grueso	105
Tabla 46	Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso.....	106
Tabla 47	Peso unitario compactado y vacíos del agregado grueso.....	107
Tabla 48	Abrasión los ángeles al desgaste del agregado grueso.....	108
Tabla 49	Diseño de mezcla del concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP)	109
Tabla 50	Dosificación del concreto patrón (DMCP + 0% P.A.A.).....	111
Tabla 51	Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP + 1.5% P.A.A.).....	111
Tabla 52	Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP + 2.5% P.A.A.)	112
Tabla 53	Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP + 3.5% P.A.A.)	112
Tabla 54	Temperatura del concreto ($^{\circ}\text{C}$).....	113
Tabla 55	Asentamiento del concreto (SLUMP).....	114
Tabla 56	Contenido de aire en el concreto en estado fresco	115
Tabla 57	Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 0%PAA).....	116
Tabla 58	Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 1.5%PAA).....	117
Tabla 59	Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 2.5%PAA).....	118

Tabla 60 Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 3.5%PAA)	119
Tabla 61 Dimensiones de briquetas de concreto (0% PAA, 28 días)	120
Tabla 62 Dimensiones de briquetas de concreto (0% PAA, 42 días)	121
Tabla 63 Dimensiones de briquetas de concreto (1.5% PAA, 28 días)	121
Tabla 64 Dimensiones de briquetas de concreto (1.5% PAA, 42 días)	122
Tabla 65 Dimensiones de briquetas de concreto (2.5% PAA, 28 días)	122
Tabla 66 Dimensiones de briquetas de concreto (2.5% PAA, 42 días)	123
Tabla 67 Dimensiones de briquetas de concreto (3.5% PAA, 28 días)	123
Tabla 68 Dimensiones de briquetas de concreto (3.5% PAA, 42 días)	124
Tabla 69 Dimensiones de vigas de concreto (0% PAA, 28 días).....	125
Tabla 70 Dimensiones de vigas de concreto (0% PAA, 42 días).....	125
Tabla 71 Dimensiones de vigas de concreto (1.5% PAA, 28 días).....	126
Tabla 72 Dimensiones de vigas de concreto (1.5% PAA, 42 días).....	126
Tabla 73 Dimensiones de vigas de concreto (2.5% PAA, 28 días).....	127
Tabla 74 Dimensiones de vigas de concreto (2.5% PAA, 42 días).....	127
Tabla 75 Dimensiones de vigas de concreto (3.5% PAA, 28 días).....	128
Tabla 76 Dimensiones de vigas de concreto (3.5% PAA, 42 días).....	128
Tabla 77 Absorción y densidad de concreto (0% PAA, 28 días).....	129
Tabla 78 Absorción y densidad de concreto (0% PAA, 42 días).....	129
Tabla 79 Absorción y densidad de concreto (1.5% PAA, 28 días).....	130
Tabla 80 Absorción y densidad de concreto (1.5% PAA, 42 días).....	130
Tabla 81 Absorción y densidad de concreto (2.5% PAA, 28 días).....	131
Tabla 82 Absorción y densidad de concreto (2.5% PAA, 42 días).....	131
Tabla 83 Absorción y densidad de concreto (3.5% PAA, 28 días).....	132
Tabla 84 Absorción y densidad de concreto (3.5% PAA, 42 días).....	132
Tabla 85 Cambio volumétrico del concreto	133
Tabla 86 Resistencia a la compresión del concreto (0% PAA, 28 días).....	136
Tabla 87 Resistencia a la compresión del concreto (0% PAA, 42 días).....	137
Tabla 88 Resistencia a la compresión del concreto (0% PAA; 14 y 56 días).....	138
Tabla 89 Resistencia a la compresión del concreto (1.5% PAA, 28 días).....	139
Tabla 90 Resistencia a la compresión del concreto (1.5% PAA, 42 días).....	139

Tabla 91 Resistencia a la compresión del concreto (1.5% PAA; 14 y 56 días).....	140
Tabla 92 Resistencia a la compresión del concreto (2.5% PAA, 28 días).....	141
Tabla 93 Resistencia a la compresión del concreto (2.5% PAA, 42 días).....	141
Tabla 94 Resistencia a la compresión del concreto (2.5% PAA; 14 y 56 días).....	142
Tabla 95 Resistencia a la compresión del concreto (3.5% PAA, 28 días).....	143
Tabla 96 Resistencia a la compresión del concreto (3.5% PAA, 42 días).....	143
Tabla 97 Resistencia a la compresión del concreto (3.5% PAA; 14 y 56 días).....	144
Tabla 98 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (0% PAA, 28 días).....	145
Tabla 99 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (0% PAA, 42 días).....	146
Tabla 100 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (1.5% PAA, 28 días).....	147
Tabla 101 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (1.5% PAA, 42 días).....	147
Tabla 102 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (2.5% PAA, 28 días).....	148
Tabla 103 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (2.5% PAA, 42 días).....	149
Tabla 104 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (3.5% PAA, 28 días).....	150
Tabla 105 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (3.5% PAA, 42 días).....	150
Tabla 106 Resistencia a la tracción indirecta (0% PAA, 28 días).....	151
Tabla 107 Resistencia a la tracción indirecta (0% PAA, 42 días).....	152
Tabla 108 Resistencia a la tracción indirecta (1.5% PAA, 28 días).....	152
Tabla 109 Resistencia a la tracción indirecta (1.5% PAA, 42 días).....	153
Tabla 110 Resistencia a la tracción indirecta (2.5% PAA, 28 días).....	154
Tabla 111 Resistencia a la tracción indirecta (2.5% PAA, 42 días).....	154
Tabla 112 Resistencia a la tracción indirecta (3.5% PAA, 28 días).....	155
Tabla 113 Resistencia a la tracción indirecta (3.5% PAA, 42 días).....	156
Tabla 114 Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 28 días).....	157
Tabla 115 Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 42 días).....	157
Tabla 116 Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 28 días).....	158
Tabla 117 Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 42 días).....	159
Tabla 118 Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 28 días).....	159
Tabla 119 Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 42 días).....	160
Tabla 120 Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 28 días).....	161
Tabla 121 Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 42 días).....	161

Tabla 122 Resistencia a la compresión de mortero a los 10 minutos	162
Tabla 123 Resistencia a la compresión de mortero a los 15 minutos	163
Tabla 124 Resistencia a la compresión de mortero a los 30 minutos	163
Tabla 125 Resistencia a la compresión de mortero a los 60 minutos	164
Tabla 126 Humedad, peso unitario, % vacíos, peso específico y absorción del PAA.....	165
Tabla 127 Capacidad de absorción del PAA.....	166
Tabla 128 Desorción del PAA	166
Tabla 129 Diseño de mezcla para cada tipo de diseño de concreto	167
Tabla 130 Temperatura de concreto en estado fresco	167
Tabla 131 Asentamiento del concreto en estado fresco	168
Tabla 132 Contenido de aire en el concreto en estado fresco	168
Tabla 133 Cambio volumétrico del concreto	169
Tabla 134 Comparación del cambio volumétrico de concreto con y sin adición de PAA....	170
Tabla 135 Resumen de las resistencias a la compresión promedio	171
Tabla 136 Resumen de módulos estáticos de elasticidad y relación de Poisson promedio ...	172
Tabla 137 Resumen de las resistencias a la tracción indirecta promedio	174
Tabla 138 Resumen de las resistencias a la flexión promedio.....	176
Tabla 139 Análisis de precios unitarios por m ³ de concreto patrón.....	178
Tabla 140 Análisis de precios unitarios de concreto patrón con adición de 1.5% de PAA ..	179
Tabla 141 Análisis de precios unitarios de concreto patrón con adición de 2.5% de PAA ..	180
Tabla 142 Análisis de precios unitarios de concreto patrón con adición de 3.5% de PAA ..	181
Tabla 143 Cuadro comparativo de costos de cada tipo de mezcla de concreto	182
Tabla 144 Resistencia a la compresión (0% PAA, 28 días).....	202
Tabla 145 Resistencia a la compresión (0% PAA, 42 días).....	203
Tabla 146 Resistencia a la compresión (1.5% PAA, 28 días).....	204
Tabla 147 Resistencia a la compresión (1.5% PAA, 42 días).....	205
Tabla 148 Resistencia a la compresión (2.5% PAA, 28 días).....	206
Tabla 149 Resistencia a la compresión (2.5% PAA, 42 días).....	207
Tabla 150 Resistencia a la compresión (3.5% PAA, 28 días).....	208
Tabla 151 Resistencia a la compresión (3.5% PAA, 42 días).....	209
Tabla 152 Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V1-B1 al B6, 0% PAA, 28 días) .	210

Tabla 153	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V2-B1 al B6, 0% PAA, 42 días)..</i>	216
Tabla 154	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V3-B1 al B6, 1.5% PAA, 28 días)</i>	222
Tabla 155	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V4-B1 al B6, 1.5% PAA, 42 días)</i>	228
Tabla 156	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V5-B1 al B6, 2.5% PAA, 28 días)</i>	234
Tabla 157	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V6-B1 al B6, 2.5% PAA, 42 días)</i>	240
Tabla 158	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V7-B1 al B6, 3.5% PAA, 28 días)</i>	246
Tabla 159	<i>Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V8-B1 al B6, 3.5% PAA, 42 días)</i>	252
Tabla 160	Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 28 días)	258
Tabla 161	Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 42 días)	259
Tabla 162	Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 28 días)	260
Tabla 163	Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 42 días)	261
Tabla 164	Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 28 días)	262
Tabla 165	Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 42 días)	263
Tabla 166	Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 28 días)	264
Tabla 167	Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 42 días)	265

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Bolas de polímero de absorción de agua	7
Figura 2	Patrón típico durante el proceso de absorción del PAA	8
Figura 3	Composición química del poliacrilato de sodio (C ₃ H ₃ NaO ₂).....	9
Figura 4	Tipos de cemento	13
Figura 5	Limites químicos para el agua de mezcla combinada	15
Figura 6	"Slump" o asentamiento del concreto con el cono de Abrams	16
Figura 7	Contenido de aire del concreto fresco	17
Figura 8	Dimensionamiento de las probetas de concreto.....	18
Figura 9	Ensayo a la compresión de cilindro de concreto de 10 x 20 cm (NTP 339.034).....	20
Figura 10	Curva genérica de esfuerzo deformación unitaria al concreto.....	21
Figura 11	Ensayo de módulo de elasticidad y relación de Poisson estático	22
Figura 12	Esfuerzo de tensión por partidura en especímenes cilíndricos de concreto.....	23
Figura 13	Flexión en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo	24
Figura 14	Clasificación de métodos de curado	25
Figura 15	Curado vs Resistencia a la compresión mediante método de Curado Externo.....	27
Figura 16	Ilustración de la diferencia entre curado externo e interno.....	28
Figura 17	Operacionalización de variables	32
Figura 18	PAA en estado saturado.....	44
Figura 19	Procedimiento para la humedad del agregado grueso	46
Figura 20	Procedimiento para la cantidad de material fino del agregado grueso	47
Figura 21	Procedimiento del análisis granulométrico del agregado grueso	48
Figura 22	Procedimiento del peso específico y absorción del agregado grueso.....	50
Figura 23	Procedimiento del peso unitario y vacíos del agregado grueso.....	51
Figura 24	Procedimiento de la abrasión del agregado grueso.....	53
Figura 25	Procedimiento para la humedad del agregado fino.....	54
Figura 26	Procedimiento para la cantidad de material fino del agregado fino	55
Figura 27	Procedimiento del análisis granulométrico del agregado fino.....	56
Figura 28	Procedimiento del peso específico y absorción del agregado fino	58
Figura 29	Procedimiento del peso unitario y vacíos del agregado fino	60
Figura 30	Procedimiento de la humedad del PAA.....	61

Figura 31	Procedimiento de la absorción del PAA	62
Figura 32	Procedimiento de la retención del PAA.....	63
Figura 33	Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión del Capping.....	64
Figura 34	Preparación y mezclado del concreto	74
Figura 35	Procedimiento para el ensayo de revenimiento del concreto.....	76
Figura 36	Procedimiento para la prueba de temperatura del concreto fresco	76
Figura 37	Procedimiento para la prueba de contenido de aire del concreto fresco.....	77
Figura 38	Procedimiento para el ensayo de resistencia a la compresión	80
Figura 39	Procedimiento del módulo de elasticidad y relación de Poisson a compresión	81
Figura 40	Procedimiento de la tracción indirecta del concreto.....	82
Figura 41	Procedimiento de la resistencia a la flexión	83
Figura 42	Desorción o retención del PAA	91
Figura 43	Curva granulométrica del agregado fino – MUESTRA 01	93
Figura 44	Curva granulométrica del agregado fino – MUESTRA 02	94
Figura 45	Curva granulométrica del agregado fino – MUESTRA 03	95
Figura 46	Curva granulométrica del agregado grueso – MUESTRA 01	101
Figura 47	Curva granulométrica del agregado grueso – MUESTRA 02	102
Figura 48	Curva granulométrica del agregado grueso – MUESTRA 03	103
Figura 49	Variación volumétrica del concreto patrón.....	134
Figura 50	Variación volumétrica del concreto con adición de 1.5% PAA	134
Figura 51	Variación volumétrica del concreto con adición de 2.5% PAA	135
Figura 52	Variación volumétrica del concreto con adición de 3.5% PAA	135
Figura 53	Cambio volumétrico del concreto.....	169
Figura 54	Curvas de madurez de la resistencia a la compresión.....	171
Figura 55	Resumen de los módulos de elasticidad promedio	173
Figura 56	Resumen de las relaciones de Poisson promedio	173
Figura 57	Resumen de resistencia a la tracción promedio	175
Figura 58	Resumen de los módulos de elasticidad promedio	175
Figura 59	Resumen de los módulos de rotura promedio.....	177
Figura 60	Resumen de los módulos de rotura promedio.....	177
Figura 61	Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión a los 28 días	183

Figura 62 Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión a los 42 días	183
Figura 63 Prueba de hipótesis para el módulo de elasticidad a los 28 días	184
Figura 64 Prueba de hipótesis para el módulo de elasticidad a los 42 días	184
Figura 65 Prueba de hipótesis para la relación de Poisson a los 28 días	185
Figura 66 Prueba de hipótesis para la relación de Poisson a los 42 días	185
Figura 67 Prueba de hipótesis para la tracción indirecta a los 28 días.....	186
Figura 68 Prueba de hipótesis para la tracción indirecta a los 42 días.....	186
Figura 69 Prueba de hipótesis para la resistencia a la flexión a los 28 días.....	187
Figura 70 Prueba de hipótesis para la resistencia a la flexión a los 42 días.....	187
Figura 71 Cuadro resumen de aceptación de hipótesis a los 28 días	188
Figura 72 Cuadro resumen de aceptación de hipótesis a los 42 días	188
Figura 73 Formato de evaluación para el ensayo de resistencia a la compresión.....	198
Figura 74 Formato de evaluación para el ensayo de resistencia a la flexión	199
Figura 75 Formato de evaluación para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta.....	200
Figura 76 Formato para los ensayos de módulo de elasticidad y relación de Poisson.....	201
Figura 77 Resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón (0%, 28 días)	266
Figura 78 Resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón (0%, 42 días)	267
Figura 79 Resistencia a la tracción indirecta del concreto (1.5%, 28 días)	268
Figura 80 Resistencia a la tracción indirecta del concreto (1.5%, 42 días)	269
Figura 81 Resistencia a la tracción indirecta del concreto (2.5%, 28 días)	270
Figura 82 Resistencia a la tracción indirecta del concreto (2.5%, 42 días)	271
Figura 83 Resistencia a la tracción indirecta del concreto (3.5%, 28 días)	272
Figura 84 Resistencia a la tracción indirecta del concreto (3.5%, 42 días)	273
Figura 85 Matriz de consistencia	286
Figura 86 Ficha técnica del Cemento (pag.1)	287
Figura 87 Ficha técnica del Cemento (pag.2)	288
Figura 88 Ficha técnica del PAA (pag.1).....	289
Figura 89 Ficha técnica del PAA (pag.2).....	290
Figura 90 Certificado de calibración de la Máquina de ensayo universal (Pág.1).....	295
Figura 91 Certificado de calibración de la Máquina de ensayo universal (Pág.2).....	296
Figura 92 Certificado de calibración de la Prensa de concreto (Pág.1)	297

Figura 93 Certificado de calibración de la Prensa de concreto (Pág.2)	298
Figura 94 Certificado de calibración de la Prensa de concreto (Pág.3)	299

RESUMEN

El curado del concreto tiene un impacto significativo en las propiedades del concreto y la adición de Polímeros Absorbentes de Agua (PAA) en las mezclas de concreto es una de las más recientes y menos conocidas alternativas para mejorar algunas de sus propiedades, es por ello que en la presente investigación se analizó la influencia de la adición de PAA en el diseño de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ como un agente de curado interno en el concreto, en porcentajes de 1.5%, 2.5% y 3.5% en peso del material cementante; se analizaron las principales propiedades mecánicas del concreto en estado fresco y en estado endurecido. Se busca determinar el mejor porcentaje de PAA adicionado al concreto en función al análisis de sus principales propiedades como son, la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, módulos de elasticidad, coeficientes de Poisson y cambio volumétrico, y al análisis comparativo de costos de producción de un concreto convencional y un concreto con adición de PAA. Para el diseño de mezcla del concreto patrón y el concreto con adición de diferentes porcentajes de PAA (1.5%, 2.5% y 3.5%), se usó el método del ACI.211.1, así mismo se utilizó formatos de toma de datos y un equipamiento correspondiente para cada ensayo; se elaboraron y ensayaron: 96 especímenes cilíndricos de 4"x8", 24 viguetas de 15x15x65cm y 12 cubos de 15x15x15cm. De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados para la presente investigación en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, se indica que, el mejor porcentaje de los propuestos de adición de PAA para un diseño de mezcla $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ es de 1.5%, que a los 28 y 42 días alcanza valores promedio de resistencia a la compresión simple de 243.85 kg/cm^2 y 278.90 kg/cm^2 , módulo de elasticidad a compresión de 234418 kg/cm^2 y 252178 kg/cm^2 , relación de Poisson a compresión de 0.22 y 0.23, resistencia a la flexión promedio de 3.57 Mpa y 4.36 Mpa; y resistencia a la tracción indirecta de 32.98 kg/cm^2 y 37.38 kg/cm^2 , y el cambio volumétrico de -0.25% y -0.27%. Así mismo el análisis de precios unitarios por metro cúbico del concreto con adición de 1.5% de PAA tiene una incidencia del 1.33% con respecto al concreto patrón.

Palabras clave: PAA, Polímeros Absorbentes de Agua, Aditivo para Concreto, Concreto PAA, Resistencia a la compresión, Resistencia a la tracción, Resistencia a la flexión, Módulo de elasticidad, Relación de Poisson, Cambio volumétrico.

ABSTRACT

The curing of concrete has a significant impact on the properties of concrete and the addition of Water Absorbent Polymers (PAA) in concrete mixtures is one of the most recent and least known alternatives to improve some of its properties, which is why In the present investigation, the influence of the addition of PAA in the concrete design $f_c=210\text{kg/cm}^2$ was analyzed as an internal curing agent in the concrete, in percentages of 1.5%, 2.5% and 3.5% by weight of the material. cementing; The main mechanical properties of concrete in the fresh state and in the hardened state were analyzed. The aim is to determine the best percentage of PAA added to concrete based on the analysis of its main properties such as compressive strength, tensile strength, flexural strength, moduli of elasticity, Poisson's ratios and volumetric change, and to the comparative analysis of production costs of conventional concrete and concrete with the addition of PAA. For the mix design of the standard concrete and the concrete with the addition of different percentages of PAA (1.5%, 2.5% and 3.5%), the ACI.211.1 method was used, as well as data collection formats and equipment. corresponding for each test; The following were prepared and tested: 96 cylindrical specimens of 4"x8", 24 joists of 15x15x65cm and 12 cubes of 15x15x15cm. According to the results of the tests carried out for this research in the Soil and Materials Mechanics Laboratory of the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Antonio Abad of Cusco, it is indicated that the best percentage of the proposed addition of PAA for a mixture design $f_c=210\text{kg/cm}^2$ is 1.5%, which after 28 and 42 days reaches average values of simple compression resistance of 243.85 kg/cm² and 278.90 kg/cm², modulus of elasticity compression of 234418 kg/cm² and 252178 kg/cm², compression Poisson's ratio of 0.22 and 0.23, average flexural strength of 3.57 Mpa and 4.36 Mpa; and indirect tensile strength of 32.98 kg/cm² and 37.38 kg/cm²., and the volumetric change of -0.25% and -0.27%. Likewise, the analysis of unit prices per cubic meter of concrete with the addition of 1.5% of PAA has an incidence of 1.33% with respect to the concrete pattern.

Keywords: PAA, Water Absorbent Polymers, Concrete Additive, PAA Concrete, Compressive Strength, Tensile Strength, Flexural Strength, Modulus of Elasticity, Poisson's Ratios, Volumetric Change.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes en la elaboración del concreto es el curado, una buena práctica de este proceso proporcionará una mejor hidratación y madurez al concreto luego de que haya sido colocado, para que pueda mantener su humedad interna y se lleve a cabo una adecuada reacción química del mortero, garantizando así el desarrollo de sus propiedades mecánicas y evitando problemas de fisuramiento, pérdida de resistencia, entre otros defectos.

Existen diferentes métodos de curado del concreto que incluyen otros aditivos y materiales además del agua, estos se realizan externamente luego de que el concreto haya sido colocado por lo que se pueden nombrar como un tipo de curado externo, el más conocido y empleado en nuestro medio es el curado superficial con agua donde se requiere rociar el concreto permanentemente con agua durante un periodo de tiempo, lo cual comúnmente no se realiza correctamente por diferentes motivos, además que la hidratación que le provee este tipo de curado al concreto solamente se da en la parte superficial cuando debería ser homogéneo y permanente.

Una opción para mitigar estos inconvenientes que se dan mediante el curado externo es añadirle un curado interno al concreto. Según el American Concrete Institute (ACI), el curado interno (CI) se puede definir como el “proceso por el cual la hidratación del cemento continúa debido a la disponibilidad de agua interna proporcionada por algunos aditivos en el concreto distintos del agua de mezcla” (ACI Committee 308, 2008).

Es por ello que para la presente investigación se plantea la adición de polímeros absorbentes de agua (PAA) como agente de curado interno, se propuso la adición de PAA en diferentes porcentajes (1.5%, 2.5% y 3.5%) del peso del cemento.

La adición de este material al mortero de cemento y al concreto, mejora muchas propiedades como la trabajabilidad, el aumento de las resistencias a la flexión y a la compresión, la reducción de la absorción de agua, la carbonatación y la penetración de iones de cloruro y un mejor rendimiento en entornos industriales y húmedos (Riyazi et al., 2017). En comparación con el curado con agua convencional (CA), el curado interno es un método efectivo de curado en muchos casos como mezcla de concreto con menor relación agua-cemento (a/c) y hormigonado en regiones de clima cálido (Duxson et al., 2007). En el caso de una mezcla con una relación a/c baja, el proceso de hidratación continuará durante un largo período, pero debido a la falta de

disponibilidad de agua internamente dentro del concreto, el proceso de hidratación que continúa crea poros parcialmente llenos dentro del concreto (Ma et al., 2017). Estos poros dan como resultado la formación de zonas débiles en el concreto y también conducen a la contracción (de Meyst et al., 2021). Otro caso en el que curado interno funciona bien es el lugar donde las condiciones climáticas están por debajo del nivel ideal y en situaciones donde se adopta un curado con agua convencional deficiente.

El curado interno no puede reemplazar completamente al curado con agua convencional, pero trabaja junto con él para mejorar la resistencia y las propiedades del concreto.

Para realizar el análisis de la influencia de la adición de PAA en las propiedades mecánicas del concreto, se realizaron diferentes ensayos al concreto en estado endurecido con y sin adición de PAA para diferentes periodos de tiempo, tales como resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción indirecta, módulos de elasticidad, relación de Poisson, cambio volumétrico, densidad y absorción; además se realizaron ensayos al concreto en estado fresco como, asentamiento (SLUMP), contenido de aire y temperatura, y un análisis comparativo de costos.

Se encontró que, para la resistencia a la compresión el concreto patrón y el concreto con adición de 1.5% y 2.5% de PAA superan la resistencia de diseño inicial, además a los 28 y 42 días el concreto con adición de PAA presenta menores valores que el concreto convencional; para la resistencia a la flexión y tracción indirecta, los resultados del concreto con adición de PAA son mayores que los del concreto patrón; para el módulo de elasticidad y relación de Poisson los resultados que presenta el concreto patrón son superiores a los que presentan adición de PAA; para el cambio volumétrico se observó un decremento de volumen el cual fue menor conforme se incrementa el porcentaje de adición de PAA.

Se puede concluir que, la adición de PAA como agente de curado interno en el concreto mejora la resistencia a la flexión y resistencia a la tracción indirecta, además que disminuye el decremento del volumen del concreto. Cabe mencionar que el porcentaje de adición de PAA propuesto para la presente investigación que presentó mejores resultados fue de 1.5%.

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

En la actualidad investigadores de diferentes países del mundo están desarrollando soluciones prácticas para diferentes aspectos de los métodos avanzados de curado del concreto ya que esta etapa tiene una influencia en el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido (resistencia a la compresión, tracción indirecta, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y relación de Poisson, tracción indirecta, resistencia a la flexión y cambios volumétricos), y en estado fresco (asentamiento (SLUMP), contenido de aire y temperatura); es por ello que existen un gran interés en esta investigación en proponer una metodología de mejora en el curado del concreto para nuestro medio en la construcción.

La importancia del agua de curado y la dificultad de proveerla exteriormente a los elementos de concreto tiene mucha relevancia, es así que la idea de proveer agua desde el interior del concreto resulta ser una buena alternativa. Por tal motivo la propuesta es implementar el uso del polímero absorbente de agua (PAA) en el concreto para así cumplir el principio fundamental del curado interno; que es incorporar agua en el interior la mezcla para que el agua sea liberada cuando sea requerida; de tal modo que el cemento tenga una mejor hidratación.

Si bien es cierto que las bolas de PAA son empleadas en diferentes ámbitos como por ejemplo en la agricultura para mantener los estratos hidratados manteniendo la humedad en el terreno agrícola, decoración de interiores, en procesos industriales para mejorar la viscosidad de compuestos a base de agua y aumentar su estabilidad, entre otros; es importante precisar que su uso en la ingeniería no debería ser una excepción en nuestra realidad nacional.

El correcto proceso de curado del concreto es un factor importante en la madurez del concreto a temprana edad y de esta depende que adquiera sus propiedades mecánicas de diseño, es por ello que se plantea la adición de diferentes porcentajes PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno para mejorar sus propiedades mecánicas del concreto, por ello que se analizará especímenes de concreto en 2 periodos de curado, es decir, 28 días y 42 días; cabe mencionar debido a las propiedades evaluadas; también se evaluaría su comportamiento del concreto a la resistencia a la compresión de los especímenes en un tiempo de curado de 14, 28, 42 y 56 días.

1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El concreto durante el endurecimiento de la mezcla presenta retracción a edades tempranas y el desecamiento de la pasta de cemento; por tal motivo el curado mesurado es condicionante para la calidad del concreto en sus propiedades mecánicas. Todas las mezclas de concreto con relación a/c mayor a 0.42 contienen más agua que la requerida para la hidratación completa del cemento que contienen (Mindess, Witte, & Glantz, 2003), sin embargo, cualquier pérdida de agua limitará el máximo grado de hidratación requerido para el cemento, un buen curado significa que la evaporación del agua ha sido prevenida. Además, un aspecto muy importante del curado, que muchas veces se olvida, es que prevenir la evaporación del agua de la mezcla hace que se mantenga en concreto con una adecuada humedad relativa interna, sino también minimizar la retracción de este.

Respecto a los antecedente encontrados con propuesta de agente de curado interno a diferentes materiales, siendo los siguientes; arcilla expandida (Espinoza G. J., 2010), polímero superabsorbente de agua (PSA) (Esteves et al., 2010) y (Parizaca, 2015); y King Kong triturado (Espinoza K. , 2019); todos estos materiales fueron utilizados con previa hidratación antes del mezclado de concreto; en detalle de todos investigaciones se vio mejoras en el desarrollo de propiedades físicas y mecánicas; teniendo cada propuesta su particularidad de acuerdo a las condiciones brindadas por los autores durante la investigación.

En nuestro medio, el curado se realiza de manera superficial de tipo externo siendo estos un humedecimiento superficial y aditivos (membranas de curado); estos medios deben ser evaluados a ser considerados en costo y tiempo de implementación; en comparación con nuevas metodologías desarrolladas en investigaciones propuestas para mejorar las propiedades mecánicas de concreto.

1.2. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la influencia que genera la adición de determinados porcentajes de PAA como agente de curado interno, en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco?

1.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a. ¿Cuál es la influencia en la resistencia a la compresión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?
- b. ¿Cuál es la influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?
- c. ¿Cuál es la influencia en la tracción indirecta que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?
- d. ¿Cuál es la influencia en la resistencia a la flexión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?
- e. ¿Cuál es la influencia en el cambio volumétrico que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?
- f. ¿Cuál es la influencia en el análisis de costos que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia que genera la adición de determinados porcentajes de polímeros absorbentes de agua (PAA) como agente de curado interno, en las propiedades mecánicas del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco.

2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar la influencia en la resistencia a la compresión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.
- b. Analizar la influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.
- c. Evaluar la influencia en la tracción indirecta que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.
- d. Definir la influencia en la resistencia a la flexión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.
- e. Establecer la influencia en el cambio volumétrico en el tiempo que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.
- f. Especificar la influencia en el análisis de costos que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.

3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. *A NIVEL INTERNACIONAL*

En la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se realizó una investigación denominada: **“EFECTO DEL CURADO INTERNO EN HORMIGONES Y SU APLICACIÓN COMO MÉTODO COMPLEMENTARIO AL CURADO TRADICIONAL EN OBRA DEL HORMIGÓN”**. Esta investigación busca explicar los beneficios de aplicar curado interno (CI) en hormigones de distinta razón Agua/Materiales Cementicios (W/CM) desde 0.40 a 0.50, con puzolanas naturales y distintas condiciones de curado. Este método ha sido estudiado con éxito en hormigones de baja relación W/CM, los cuales poseen baja permeabilidad, lo que dificulta el acceso hacia el interior de la mezcla de agua de curado desde el exterior (Espinoza G. J., 2010).

En el artículo publicado por la revista científica Materiales de construcción de la Agencia Estatal de Consejo Superior de Investigación Científica (CSIC): **“EFECTO DE LAS CONDICIONES DE CURADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MORTEROS CON PARTÍCULAS SUPERABSORBENTES”**. Los morteros se curaron a 20 y 40 °C, y a humedad relativa entre el 30 y el 95%. Se estudió asimismo dicho efecto en función de la relación agua/cemento. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y a la tracción a distintas edades. Los resultados incluyen la evolución de la pérdida de masa y su relación tanto con las condiciones ambientales como con el comportamiento resistente de los morteros. El curado interno de éstos con polímeros superabsorbentes permitió el mantenimiento de sus propiedades mecánicas en condiciones de curado extremas (Esteves et al., 2010).

3.1.2. *A NIVEL NACIONAL*

En la Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Civil (Puno) se realizó una investigación denominada: **“COMPORTAMIENTO DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL POR ADICIÓN DE POLÍMEROS SÚPERABSORBENTES EN LA CIUDAD DE PUNO”**, se desarrolló la efectividad de adición de polímeros superabsorbentes en un Concreto de Alta Resistencia Inicial, debido a la baja relación

agua-cemento (0.4 a menos) y se requiere proveer agua desde el interior puesto que se hace difícil el ingreso de agua de curado desde el exterior, debido a que este tipo de concretos son de baja permeabilidad. El diseño propuesto de micro sílice y aditivos elegidos para finalmente obtener una resistencia promedio de $f'_{cr} = 450 \text{ kg/cm}^2$, se incorporó micro sílice y superplastificante en sustitución por masa. Respecto a la adición se realizaron adiciones de polímeros superabsorbentes de 0.1%, 0.15% y 0.2% respecto al peso del cemento, estos polímeros superabsorbentes fueron hidratados antes de la adición en la mezcla sin alterar la relación del agua de diseño. Los parámetros a ser evaluados fueron el comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a compresión. Una vez realizada la comparación de los resultados obtenidos de las muestras de Concreto de Alta Resistencia Inicial con y sin adición de polímeros superabsorbentes al 0.1% del peso de cemento, se concluye que este porcentaje de adición incrementa el asentamiento y la resistencia a compresión. Sin embargo, la adición de 0.15% y 0.2% a pesar de obtener un incremento en el asentamiento, disminuye la resistencia a compresión, concluyendo así que las adiciones mayores 0.1% generan un efecto adverso y perjudicial para el concreto planteado en la investigación. (Parizaca, 2015)

En la Universidad Nacional “Hermilio Valdizan”, Escuela Profesional de Ingeniería Civil (Huánuco) se realizó una investigación denominada: **“EVALUACIÓN DEL CURADO INTERNO DEL CONCRETO, EMPLEANDO MATERIAL CERÁMICO EN LA MEZCLA DEL CONCRETO”**, el objetivo de esta investigación es determinar la efectividad que tiene el curado interno reemplazando parcialmente el agregado grueso por fragmentos de ladrillo saturado; evaluando la resistencia a la Compresión; a comparación del curado por inmersión. Planteo diferentes porcentajes de reemplazo de agregado grueso por el material cerámico (ladrillo triturado de King Kong). Se evalúa tres porcentajes de fragmentos de ladrillo: 10%, 20% y 30% del volumen de agregado grueso; para una resistencia de $f'_{c}: 210 \text{ Kg/cm}^2$. Asimismo, se estudia el porcentaje de humedad y resistencia a la compresión. Se concluyó que el curado interno mediante el reemplazo del agregado grueso por fragmentos de ladrillo triturado y saturado es efectivo, mostrándonos que a mayor porcentaje de reemplazo los resultados son mejores referente a retención de humedad y aumento de resistencia a compresión del concreto 8% y 280 Kg/cm^2 a los 28 días de edad respectivamente, mientras que el curado por inmersión nos muestra resultados inferiores: 1% y 259.66 Kg/cm^2 , cabe mencionar que nuestra propuesta ha sido empleando

exclusivamente el curado interno y exponiendo a la intemperie los especímenes, situación que se asemeja a lo que acontece al pie de obra (Espinoza K. , 2019).

3.2. POLIMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA)

DEFINICIÓN

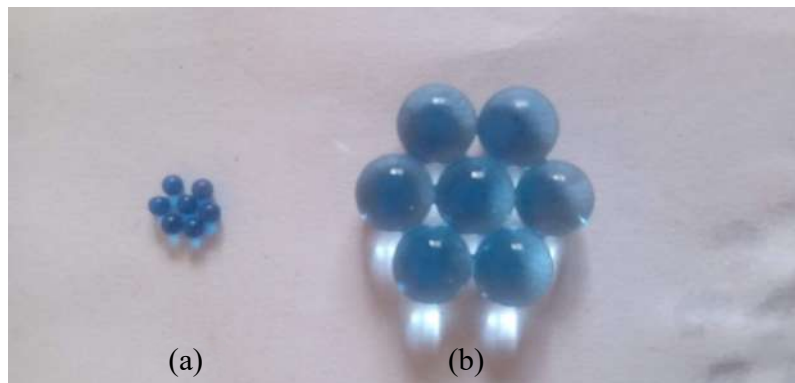
Según Callister (2012); los materiales solidos se pueden agrupar en clasificaciones básicas: metales, cerámicas y polímeros (p. 4). La palabra polímero proviene del griego poli (muchos) + mero (igual); los polímeros son un tipo de macromolécula; que se caracteriza por tener una unidad química que se repite en toda la molécula; que se agrupan mediante enlaces covalentes para formar el polímero.

Los polímeros absorbentes de agua PAA; son materiales con la capacidad de absorber una cantidad considerable de agua en comparación con su masa relativa. Los polímeros absorbentes de agua, los cuales se clasifican como hidrogeles; absorben soluciones acuosas a través de enlaces de puente de hidrógeno con las moléculas de agua (Valencia, 2024). La capacidad de absorción de agua del PAA depende de la concentración iónica de la solución acuosa.

A estos polímeros absorbentes de agua por su composición química se les denomina como Poliacrilato de Sodio.

Figura 1

Bolas de polímero de absorción de agua



Nota: (a) bolas de polímero secas (b) bolas de polímero de absorción de agua

3.2.1. PROPIEDADES DEL PAA

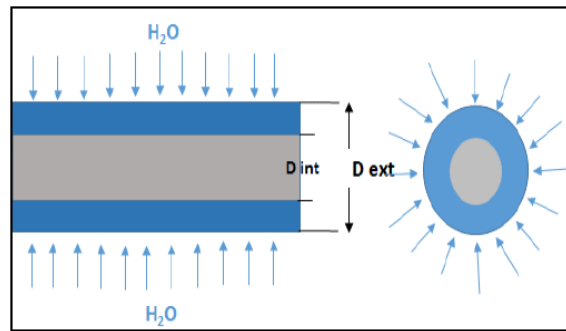
De acuerdo a (Rojas, 2016) las principales propiedades del PAA son la absorción y desorción del polímero de agua en relación a su propia masa.

3.2.1.1. Absorción o Sorción

Los mecanismos de transporte de agua para la partícula de PAA son: presión osmótica, interacción electrostáticos, entropía, acción capilar e interacción de Coulomb. Estos mecanismos dependen de la naturaleza química del polímero está en condición seca (colapsada) y condición hinchada (saturada). El proceso de transición entre estos dos estados, de diferentes fases, es el resultado de un equilibrio entre fuerzas repulsivas que tienen a expandir la red polimérica y las fuerzas de atracción tienden a retraerla. (Rojas, 2016)

Figura 2

Patrón típico durante el proceso de absorción del PAA



Nota: Comportamiento del PAA durante a la absorción de agua. *Fuente:* Adaptado de “*Materiales polimeros de tipo hidrogeles: Revisión sobre su caracterización mediante FTIR, DSC, MEB y MET*” (p. 124), por R. Ramirez et al., 2016, *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(2).

3.2.1.2. Desorción

Durante la absorción de agua por el PAA; las caras iónicas presentes en su interior son diluido, reduciendo la presión osmótica y expandiendo la red polimérica hasta su volumen balance, Entonces actúan las fuerzas de reposición de la red polimérica y la presión osmótica externa, oponerse a la presión osmótica, que disminuye, así como la hinchazón del PAA. (Rojas, 2016)

3.2.2. PAA COMO AGENTE DE CURADO INTERNO

Aunque existen varios agentes de curado potencialmente útiles para implementar el curado interno, esta investigación considera el uso de Polímeros Absorbentes de Agua PAA (poliacrilato de sodio) como un agente de curado interno en el concreto. Se pretende que el PAA se comporte

como una fuente de agua interna adicional disponible para que la porosidad capilar de la pasta de cemento hidratante permanezca saturada, minimizando así las tensiones y deformaciones autógenas. Esta agua adicional también promoverá una maximización en la hidratación del cemento y la puzolana en la mezcla.

3.2.3. CLASIFICACIÓN DEL POLIMERO

Los polímeros se pueden agrupar según varias clasificaciones; siendo por su: ocurrencia, estructura molecular y naturaleza de su cadena; morfología. Por su ocurrencia: son naturales (existen en la naturaleza) y sintéticos de concepción orgánica (producidos por el hombre); por ejemplo: nylon, polietileno, PVC y otros. Los polímeros sintéticos se pueden clasificar en: elastómeros (alta plasticidad), fibras (filamentos largos y finos de gran resistencia) y plásticos (se puede moldear sobre presión y transformarse en diferentes objetos). Por su estructura molecular en: lineales (en cadena simple), ramificados (cadenas con ramas laterales que están conectadas a cadenas principales), eslabones cruzados (cadenas lineales adyacentes están unidas en varias posiciones mediante enlaces covalentes) y en red (las unidades tienen 3 enlaces covalentes activos; formando redes tridimensionales). (Rojas, 2016)

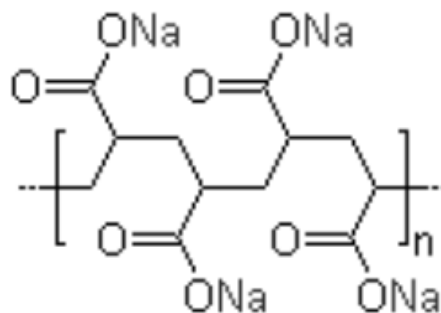
3.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL POLIMERO

El PAA o también conocido como hidrogel se define por su composición química como un poliacrilato de sodio ($C_3H_3NaO_2$), formado por monómeros $CH_2CH(CO_2Na)$ que poseen carácter hidrófobo e hidrófilo en un grado de equilibrio. (Tecnología de los plásticos, 2013)

La capacidad de absorber grandes cantidades de agua es debido a que existen grupos de carboxilatos de sodio en su estructura interna que los iones negativos se repelen estirando así la cadena principal y de esta manera provocando el aumento de volumen.

Figura 3

Composición química del poliacrilato de sodio ($C_3H_3NaO_2$)



Nota: Tomado de Polímeros superabsorbentes [figura], por Tecnología de los plásticos de Polímeros superabsorbentes, (2013), Blog (<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/01/>)

3.2.5. APLICACIONES

El mercado de Poliacrilato de Sodio este siendo el componente del Polímero Absorbente de Agua (PAA); se divide entre la industria de la higiene y las aplicaciones técnicas, entre ellas están como uso médico y farmacéutico, fibras y textiles, usos agrícolas, depósitos de agua, separación y tratamiento de aguas, usos eléctricos e ingeniería civil. (Rojas, 2016)

Aplicaciones agrícolas y hortícolas, como aditivos para el suelo que ayudan a retener la humedad y controlar la liberación de agua en el suelo a medida que las condiciones se vuelven más secas; o incluso para mejorar el contenido de aire del suelo debido a la expansión y contracción durante los ciclos de absorción y evaporación de humedad. (Wang et al., 2003)

Liberación controlada de sustancias que inicialmente quedan atrapadas dentro del polímero, como pesticidas, fertilizantes o productos farmacéuticos. (Peppas y Sahlin, 1996)

Electrónica y cableados protegidos contra daños por agua debido a la cinta de bloqueo de agua que contiene SAP o cinta de poliéster recubierta con resina modificada con SAP. El agua que penetra en la cubierta del cable se encuentra con la capa protectora e hincha el SAP para sellar la grieta o perforación en el material de cubierta. (García, 2023)

Sistemas de envasado de alimentos que utilizan SAP como absorbente de líquidos. Incluso los geles de SAP enfriados se utilizan como medio de enfriamiento en seco, ya que el agua se retiene cuando comienza la descongelación. (Vizuette, 2004)

En el área de ingeniería civil, los PSA tienen sus mayores aplicaciones en sistemas de cemento, es decir, curado concreto interno, para mitigar la contracción autógena y para mejorar la durabilidad del hormigón, favoreciendo la redistribución del agua capilar mediante inclusiones artificiales de macroporos llenos de agua. La posibilidad de utilizar polímeros superabsorbentes para evitar la autodesecación en hormigón de alta resistencia fue introducida por (Jensen y Hansen, 2001) (Jensen y Hansen, 2002). Como lo menciona Monnig (2009). Este tipo de polímero teóricamente puede cumplir más funciones: ¿neutralizar o posponer la contracción por secado; funcionan como agentes incorporadores de poros de aire, ¿mejorando la resistencia a las heladas deshielo, durabilidad y densidad del hormigón; extraer agua de la mezcla de concreto fresco, provocando el endurecimiento de la pasta, lo cual es acompañado de una reducción de la porosidad.

En la literatura se pueden encontrar otros usos de los PSA en materiales cementosos, tales como: coeficiente de control de expansión térmica (Wyrzykowski y Lura, 2013) y aditivo auto cicatrizante (Lee et al., 2010) (Manojkumar y Maruhachalam, 2013).

3.3. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

3.3.1. *IMPACTO AMBIENTAL DEL POLIMERO*

Los polímeros absorbentes de agua, también conocidos como hidrogeles superabsorbentes, son materiales poliméricos capaces de absorber y retener grandes cantidades de agua en relación con su propio peso. Se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde pañales desechables hasta agricultura y conservación del suelo. Sin embargo, su impacto ambiental puede variar según varios factores.

Aquí hay algunas consideraciones sobre su impacto ambiental:

1. Degradación: Los polímeros absorbentes de agua pueden ser degradables o no degradables. Los polímeros no degradables pueden acumularse en el medio ambiente durante largos períodos, lo que plantea preocupaciones sobre la contaminación y la alteración de los ecosistemas. (Peppas y Sahlin, 1996)

2. Contaminación del suelo y del agua: Si los polímeros absorbentes de agua se desechan incorrectamente, pueden contaminar el suelo y los cuerpos de agua. Esto puede afectar negativamente a la vida silvestre y a los ecosistemas acuáticos. (Sposito, 1989)

3. Uso excesivo de recursos: La producción de polímeros absorbentes de agua puede requerir recursos como agua, energía y productos químicos. Si estos recursos no se gestionan de manera sostenible, puede haber impactos ambientales significativos asociados con su producción.

4. Impacto en la agricultura: Si se utilizan en la agricultura de manera inapropiada o en exceso, los polímeros absorbentes de agua pueden afectar negativamente la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes, lo que a su vez puede tener consecuencias para la salud de las plantas y la calidad del suelo a largo plazo. (Wang et al., 2003)

5. Interacciones con la biota: Los efectos de los polímeros absorbentes de agua en la biota del suelo y los organismos acuáticos pueden variar según su composición y tamaño de partícula. Pueden afectar el microbiota del suelo y la calidad del agua, lo que a su vez puede tener efectos en cascada en los ecosistemas. (Zhang et al., 2018)

En general, si se utilizan y manejan adecuadamente, los polímeros absorbentes de agua pueden ofrecer beneficios en ciertas aplicaciones, como la agricultura y la gestión del agua. Sin embargo, es importante tener en cuenta su impacto ambiental y tomar medidas para minimizar cualquier efecto negativo mediante la gestión adecuada de su producción, uso y disposición.

3.4. CONCRETO

3.4.1. COMPONENTES DEL CONCRETO

El concreto es un material constituido en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados, aire y opcionalmente de aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. (Pasquel, 1998)

3.4.1.1. CEMENTO

El cemento es un material aglutinante ampliamente utilizado en la construcción que, cuando se mezcla con agua, forma una pasta que fragua y endurece con el tiempo, uniendo firmemente materiales de construcción como arena, grava y otros agregados para formar concreto u hormigón. Según la American Concrete Institute, el cemento se define como "un material pulverizado que, al mezclarse con agua, forma una pasta que se endurece y se endurece por reacciones químicas y físicas, cuya principal característica es que una vez endurecido, no se desintegra bajo el agua ni pierde su resistencia y estabilidad" (2014). Se clasifica en varios tipos, como el cemento Portland, que es el más comúnmente utilizado, y el cemento de aluminato de calcio, utilizado en aplicaciones especiales. El cemento es esencial en la industria de la construcción, proporcionando la base estructural para una amplia variedad de proyectos, desde edificios hasta infraestructuras.

Figura 4

Tipos de cemento

TIPO	ASTM	DESCRIPCIÓN
Tipo I	C 150 – 84	Pórtland común.
Tipo II	C 150 – 84	Pórtland con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
Tipo III	C 150 – 84	Pórtland de endurecido rápido.
Tipo IV	C 150 – 84	Pórtland de bajo calor de hidratación.
Tipo V	C 150 – 84	Pórtland resistente al sulfato.
Tipo IP	C 595 – 83a	Pórtland puzolánico de 15 a 40 % de puzolana

Nota. Presentación de tipos de cemento y normativa para la producción Fuente: Tomado de ASTM C150, 2012

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP

Según la NTP 334.090 del 2020 lo define como; “*Es un cemento hidráulico en el cual la puzolana constituyente está presente por encima del 40 % en masa cemento adicionado*”.

3.4.1.2. AGREGADO

Los agregados representan en volumen la mayor cantidad del concreto, deben seleccionarse adecuadamente y cumplir con una granulometría uniforme, se clasifican en agregados gruesos y finos, obtenidos generalmente en forma natural y artificial.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente, así como la trabajabilidad adecuada. (Pasquel, 1998)

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

- ❖ Granulometría para agregado grueso y agregado fino (NTP 400.012)
- ❖ Módulo de fineza para agregado grueso y agregado fino (NTP 400.012)
- ❖ Tamaño máximo
- ❖ Tamaño máximo nominal
- ❖ Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 mm (N° 200) por lavado (NTP 400.018)

- ❖ Peso específico y absorción de agregados gruesos (NTP 400.21)
- ❖ Gravedad específica y absorción de agregado finos (NTP 400.022)
- ❖ Peso unitario y vacíos de los agregados (NTP 400.017)
- ❖ Humedad (NTP 339.185)
- ❖ Resistencia a la abrasión de los ángeles (NTP 400.019)

3.4.1.3. AGUA

El agua se constituye como el elemento preponderante en la elaboración de concreto, gracias a la importante función que cumple durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido. Su referencia en la mezcla para concreto no solo es importante en cuanto a la relación a/c, dependiendo de las necesidades de resistencia y trabajabilidad, también es de vital importancia tomar en consideración la calidad química y física del agua a utilizar en la mezcla. (García, 2010)

La Norma Técnica Peruana (NTP 339.088) aplica la especificación del agua de mezcla para la producción de concreto; por ende, define las siguientes terminologías:

- Agua combinada: es la mezcla de dos o más fuentes de agua combinadas entre sí, antes o durante su introducción en la producción del concreto. (p. 3)
- Agua no potable: son fuentes de agua que no son aptas para el consumo humano, o que contienen cantidades de sustancias que la decoloran o hacen que tengan un olor o sabor objetable, pero no contienen agua de las operaciones de producción de concreto. (p. 3)
- Agua potable: agua que es apta para el consumo humano. (p. 3)
- Agua proveniente de las operaciones de producción de concreto: agua recuperada de los procesos de producción de concreto de cemento Portland, que incluye el agua de lavado del camión mezclador; agua de lluvia colectada en un recipiente en una planta de producción de concreto, agua que contiene ingredientes de concreto. (p. 4)

Figura 5

Limites químicos para el agua de mezcla combinada

	Límite	Métodos de Ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm ^B		
A. Cloruro como Cl ⁻ , ppm		
1 En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500 ^C	NTP 334.086 ^D
2 Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes	1 000 ^C	NTP 334.086 ^D
B. Sulfatos como SO ₄ , ppm	3000	NTP 334.086 ^D
C. Alcalis como (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), ppm	600	NTP 334.086 ^D
D. Sólidos totales por masa, ppm	50 000	ASTM C1603

Nota. Límites para el agua de mezcla en la elaboración del concreto. Fuente: Tomada de “Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto hidráulico” (p. 9), por NTP, 2021, Norma Técnica Peruana

3.4.1.4. ADITIVOS

Los aditivos para el concreto son sustancias que se agregan a la mezcla de concreto durante su fabricación para modificar sus propiedades físicas y químicas. Estos aditivos pueden alterar características como el tiempo de fraguado, la resistencia, la trabajabilidad y la durabilidad del concreto.

Existen diferentes tipos de aditivos para el concreto, y cada uno tiene su función específica. Aquí hay algunos ejemplos comunes:

1. Aditivos reductores de agua: Conocidos como superplastificantes, estos aditivos permiten reducir la cantidad de agua necesaria para mantener la trabajabilidad del concreto, lo que resulta en una mayor resistencia y durabilidad.

2. Retardadores: Estos aditivos retrasan el tiempo de fraguado del concreto, lo que es útil en climas cálidos o cuando se necesita más tiempo para verter y colocar el concreto.

3. Aceleradores: Estos aceleran el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto. Son útiles en climas fríos o cuando se necesita que el concreto se endurezca rápidamente.

4. Aditivos aireantes: Estos aditivos incorporan pequeñas burbujas de aire en la mezcla de concreto, lo que mejora su resistencia al congelamiento y al deshielo y reduce la posibilidad de agrietamiento.

5. Aditivos colorantes: Se utilizan para cambiar el color del concreto, ya sea para propósitos estéticos o para hacer que el concreto sea más visible en aplicaciones como señalización vial.

6. Aditivos expansivos: Estos aditivos provocan una expansión controlada en el concreto, lo que puede ser útil para compensar la contracción durante el fraguado o para reparar estructuras de concreto dañadas.

Es importante tener en cuenta que la selección y dosificación adecuadas de los aditivos son fundamentales para lograr el rendimiento deseado del concreto. Además, es crucial seguir las recomendaciones del fabricante y las normativas aplicables para garantizar la seguridad y la calidad del concreto.

3.4.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

3.4.2.1. Trabajabilidad

Según Kosmatka et al, 2004 lo define como *“La facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manejo.”* (p. 3)

Figura 6

“Slump” o asentamiento del concreto con el cono de Abrams



Nota: Elaborado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

3.4.2.2. Temperatura

"La temperatura del concreto fresco es importante porque afecta la trabajabilidad y la resistencia del concreto endurecido. La temperatura influye en la velocidad de hidratación del cemento y, por lo tanto, en el tiempo de fraguado y endurecimiento. Además, una temperatura elevada puede provocar una pérdida de agua por evaporación más rápida, lo que puede afectar negativamente la trabajabilidad y la resistencia del concreto." (Neville y Brooks, 2010)

3.4.2.3. Contenido de aire

El contenido de aire del concreto fresco es "la proporción de volumen de aire atrapado en la masa de concreto recién mezclado expresado como porcentaje del volumen total del concreto" (Neville y Brooks, 2010). El contenido de aire del concreto fresco se refiere a la cantidad de aire atrapado o incorporado dentro de la masa de concreto recién mezclado antes de que comience el proceso de fraguado y endurecimiento. Este contenido de aire es una característica importante ya que puede afectar la resistencia al congelamiento y al deshielo, la durabilidad y la trabajabilidad del concreto.

Figura 7

Contenido de aire del concreto fresco



Nota: Elaborado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

3.4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

3.4.3.1. Dimensionamiento

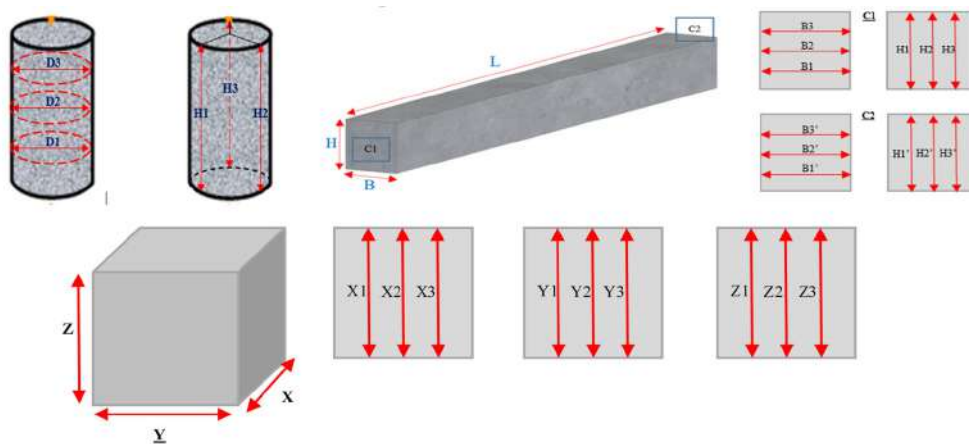
Se refiere al proceso de determinar las dimensiones y características de las muestras de concreto que se utilizan para realizar pruebas de laboratorio.

Aquí hay algunos puntos clave que se tomara en cuenta para el dimensionamiento de especímenes de concreto endurecido:

- Tamaño y forma de las muestras: Las muestras de concreto endurecido fueron moldeados en forma de cilindros, cubos o prismas, todo de acuerdo al tipo de prueba que se realizará. Las dimensiones y la forma de las muestras deben seguir las especificaciones establecidas en los estándares de ensayo, por ejemplo, para las briquetas se realizará medida de 3 diámetros (3 puntos equidistantes centrales); 3 alturas, para las vigas de realizaron medidas de 3 veces base lado y largo; y para los dados se realizaron 3 medidas de cada eje correspondiente a las 3 dimensiones x, y, z.

Figura 8

Dimensionamiento de las probetas de concreto



Nota: Geometría de probetas elaboradas para la presente tesis.

- Normativas y estándares: El dimensionamiento de especímenes de concreto endurecido está regido por normativas y estándares de la NTP 339.034, NTP 339.078, para cilindros, vigas y dados. Estos estándares especifican las dimensiones mínimas a realizar a las muestras y el uso de instrumento de medición (vernier).

3.4.3.2. Densidad, Densidad relativa, Absorción y Vacíos

El concreto endurecido puede caracterizarse mediante varios parámetros importantes, incluyendo la densidad, la densidad relativa, la absorción y los vacíos. Aquí está una descripción de cada uno:

- Densidad: La densidad se refiere a la masa por unidad de volumen físico del material después de que ha completado su proceso de fraguado y endurecimiento. Se expresa comúnmente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). La densidad del concreto puede variar según la cantidad y tipo de agregados, la relación agua-cemento y el grado de compactación durante el proceso de colocación. (NTP 339.187, 2022)
- Densidad relativa: La densidad relativa, también conocida como densidad específica, es una medida de la relación entre la densidad del concreto endurecido y la densidad del agua. Se calcula dividiendo el peso del concreto entre el volumen obtenido de la siguiente forma; diferencia del concreto peso en el aire y sumergido en agua; y esta diferencia dividida por la densidad del agua. La densidad relativa puede proporcionar información sobre la calidad y la compacidad del concreto. (NTP 339.187, 2022)
- Absorción: La absorción es la capacidad del material para absorber agua cuando está sumergido en ella durante un período de tiempo específico. Se expresa como un porcentaje de la masa del concreto. La absorción del concreto puede influir en su durabilidad y resistencia a la intemperie, ya que una alta absorción puede conducir a problemas como la expansión por congelación y deshielo; pero debemos considerar que esta propiedad de absorción a la intemperie puede mejorar las propiedades mecánicas en el tiempo. (NTP 339.187, 2022)
- Porcentaje de Vacíos: Los vacíos se refieren a los espacios vacíos o porosidades presentes en la matriz de concreto después de su fraguado y endurecimiento. Estos vacíos pueden deberse a la falta de compactación durante el proceso de colocación, la presencia de aire atrapado, la segregación de los agregados, entre otros factores. No controlar los vacíos pueden afectar la resistencia y la durabilidad del concreto, ya que pueden servir como vías para la penetración de agentes agresivos como el agua y los productos químicos. (NTP 339.187, 2022)

3.4.3.3. Cambios de volumen

Según Kosmatka et al. (2004) define al cambio de volumen como “como un incremento o una disminución del volumen”. Aquí cambio de volumen más común:

- Contracción por secado: El concreto endurecido tiende a experimentar contracción debido a la pérdida de humedad durante el proceso de secado. Esta contracción puede provocar la formación de grietas y fisuras si no se controla adecuadamente. La contracción por secado es más notable en áreas expuestas a condiciones ambientales secas o en elementos de concreto delgados. (Kosmatka et al., 2004)

3.4.3.4. Resistencia a la compresión en muestras cilíndricas

Según Kosmatka et al. (2004) define a la resistencia a compresión como “medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto”. Normalmente, se expresa en kilo gramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días. Esta capacidad está principalmente influenciada por la cantidad de la pasta de cemento, a menudo expresada en términos de la relación a/c en peso. Se llevará a cabo el control de la Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos según la norma NTP 339.034.

Figura 9

Ensayo a la compresión de cilindro de concreto de 10 x 20 cm (NTP 339.034).



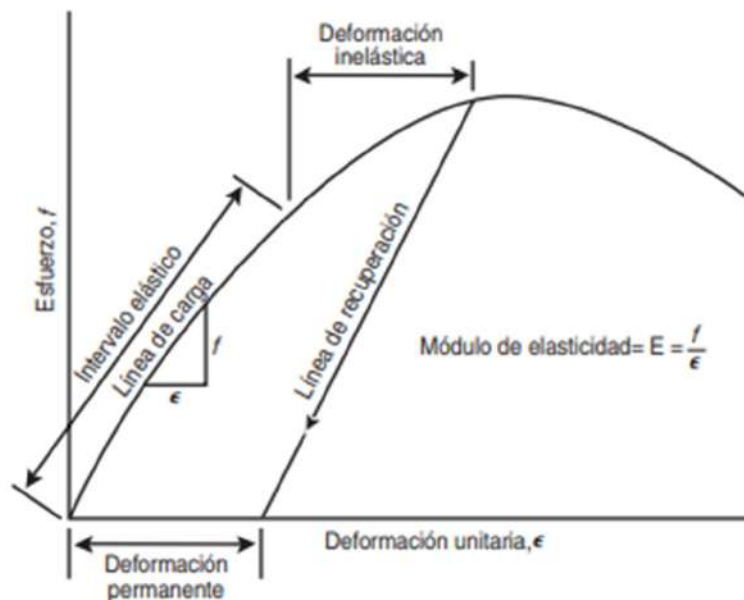
Nota: Desarrollo del ensayo en la Maquina Universal - Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

3.4.3.4.1. Módulo de elasticidad estático

Según Kosmatka et al. (2004) define el módulo de elasticidad (E) como “la relación entre esfuerzo y deformación unitaria en el rango elástico de la curva esfuerzo deformación del concreto”; en la Figura 10 se esquematiza la curva Carga vs Deformación Típica del concreto. Se llevará a cabo el control de la Módulo elástico estático según la norma ASTM C469.

Figura 10

Curva genérica de esfuerzo deformación unitaria al concreto



Nota: Presenta las fases de deformación elástica e inelástica durante el desarrollo de ensayo a compresión. *Fuente:* Adaptada de *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (p. 316), por Kosmatka et al., 2004, Portland Cement Association

3.4.3.4.2. Relación de Poisson a compresión

Según Kosmatka et al. (2004) define la relación de Poisson (μ) como “la relación entre las deformaciones unitarias lateral y axial”; en la Figura 10 se observa los equipos utilizados para la medición de las deformaciones antes mencionadas. Se llevará a cabo el control de la relación de Poisson según la norma ASTM C469.

La relación de Poisson a compresión puede variar según las propiedades específicas del concreto, como su resistencia, composición y grado de consolidación. Es así que

mediante la norma ASTM C-469, se establece como determinar la relación de Poisson y módulo de elasticidad estático del concreto; para la presente tesis de investigación se hizo uso de la máquina de ensayo universal y el equipo compresómetro – extensómetro (Figura 11) para determinas las deformaciones laterales y axiales.

Figura 11

Ensayo de módulo de elasticidad y relación de Poisson estático



Nota. (a)Ensayo de módulo de elasticidad y relación de Poisson (b)Equipo Compresómetro – Extensómetro. Desarrollo del ensayo en la Maquina Universal - Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

3.4.3.5. Resistencia a la tracción indirecta

Consiste en aplicar una fuerza compresiva diametral a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto a una rata que está dentro de un rango prescrito, hasta que la falla ocurra; esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano conteniendo la carga aplicada y relativamente esfuerzos de compresión altos en el área inmediatamente alrededor de la carga aplicada. (ASTM C496, 2017).

Se establece como determinar la tracción indirecta; para la presente tesis de investigación se hizo uso de la máquina de ensayo universal (ver Figura 12) para determinas las deformaciones laterales y axiales.

Figura 12

Esfuerzo de tensión por partidura en especímenes cilíndricos de concreto



Nota. Desarrollo del ensayo en la Máquina Universal - Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales, (ASTM C496-96).

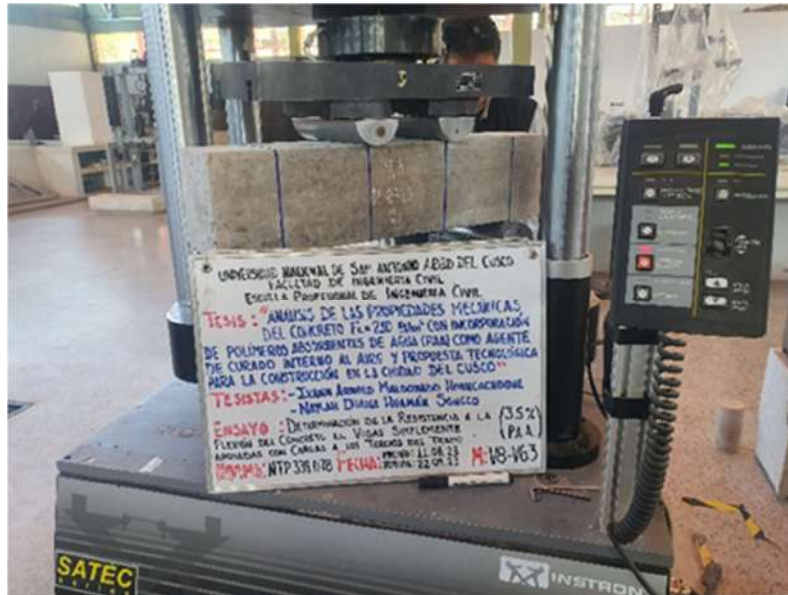
3.4.3.6. Resistencia a la flexión en vigas – Módulo de rotura

Según (Kosmatka et al., 2004) define a la resistencia a la flexión como “habilidad de los sólidos de resistir a la flexión”

Consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla, el módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no ser mayor del 5% de la luz libre. (NTP 339.078, 2022). Se establece como determinar la resistencia a la flexión; para la presente tesis de investigación se hizo uso de la máquina de ensayo universal (ver Figura 13).

Figura 13

Flexión en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo



Nota. Desarrollo del ensayo en la Maquina Universal - Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales, (NTP 339.078).

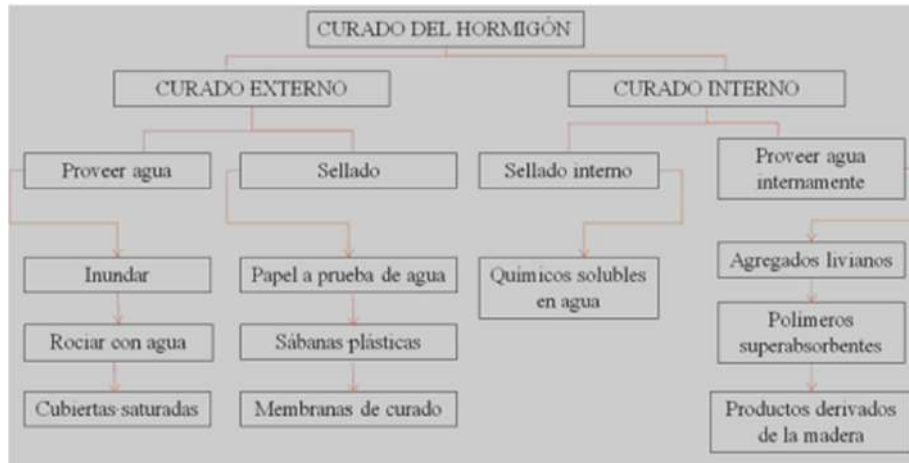
3.4.4. CURADO DEL CONCRETO

El curado es la mantención de la temperatura y del contenido de humedad satisfactorios, por un periodo de tiempo que empieza inmediatamente después de la colocación (colado) y del acabado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas en el concreto. (Kosmatka et al., 2004) . Un aspecto vital en el curado, pero a menudo pasado por alto, es que debe impedir la evaporación del agua de la mezcla y mantenerlo a una humedad relativa interna y temperatura adecuadas, y minimizar la retracción del concreto (Espinoza G. , 2010)

Para la presente tesis, las probetas elaboradas fueron curadas externamente por inmersión en agua (poza de curado en laboratorio) y un curado interno con el polímero absorbentes de agua (PAA).

Figura 14

Clasificación de métodos de curado



Nota. Adaptada de *Evaluación del curado interno del concreto, empleando material cerámico en la mezcla del concreto* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de "Hermilio Valdizan"] (p. 12), Espinoza, G., 2010, <https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/15739>

3.4.4.1. HUMEDAD RELATIVA Y HUMEDAD ABSOLUTA EN EL AIRE

La humedad relativa (HR) es una medida del contenido de vapor de agua en el aire en relación con la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura específica. Se expresa como un porcentaje (%). (Humetek, 2023)

La humedad absoluta (HA) es una medida de la cantidad de vapor de agua en una unidad de volumen de aire, generalmente expresada en gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire (g/m^3). (Smith y Jones, 2018) (Humetek, 2023)

Una vez conociendo la diferencia de humedad relativa y humedad absoluta; es importante controlar la humedad relativa del entorno circundante para evitar la evaporación excesiva del agua del concreto recién colocado. Puesto que, si la humedad relativa es demasiado baja, el agua presente en el concreto puede evaporarse rápidamente, lo que puede resultar en una hidratación incompleta del cemento y una reducción en la resistencia y durabilidad del concreto.

3.4.4.2. TEMPERATURA FAVORABLE

La temperatura del concreto fresco es un factor importante durante su colocación y curado, ya que puede afectar significativamente su resistencia, durabilidad y otras propiedades. Idealmente, la temperatura del concreto fresco debe mantenerse dentro de un rango específico para

asegurar un curado adecuado y evitar problemas como la fisuración, el agrietamiento por retracción térmica o el desarrollo de resistencia insuficiente.

La temperatura recomendada para el concreto fresco generalmente varía según las condiciones climáticas y las especificaciones del proyecto, pero suele estar en el rango de 10 a 32 grados Celsius. Mantener el concreto dentro de este rango de temperatura ayuda a promover una hidratación adecuada del cemento y un desarrollo apropiado de la resistencia. (NTP 339.183, 2013)

3.4.4.3. CURADO EXTERNO

a. Curado con agua: Cuando se elige una aplicación de agua se debe estudiar la economía del método particular que se usará en cada obra, puesto que la disponibilidad de agua, mano de obra, materiales de curado, y otros factores, influirán en el costo. El método seleccionado debe proporcionar una cubierta completa y continua de agua libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas. Cuando el aspecto es un factor importante, el agua debe estar libre de sustancias que ataquen, manchen o decoloren el concreto. A continuación, se mencionan métodos de curado con agua. (ACI-308, 1992)

Anegamiento o inmersión

- Rociado de niebla o aspersión
- Costales, mantas de algodón y alfombras
- Curado con tierra
- Arena y aserrín
- Paja o heno
- Terminación; materiales de cubierta saturados son aquellos utilizados para mantener la superficie del concreto constantemente húmeda (arpillera, fieltro de algo, sacos de yute, mantas de curing).

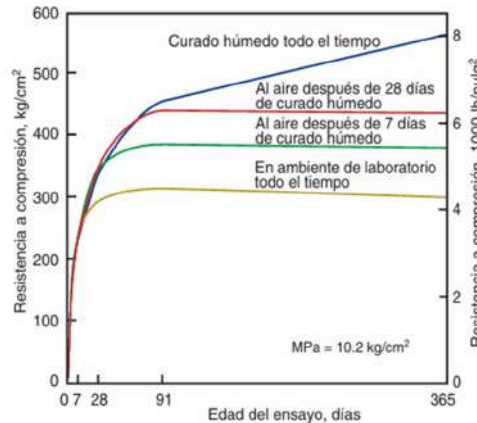
b. Materiales Selladores: Los materiales selladores, como hojas o membranas, se aplican sobre el concreto para minimizar la evaporación del agua. Estos selladores ofrecen varias ventajas, como reducir el riesgo de secado prematuro debido a errores en el mantenimiento de la cubierta húmeda. Además, son más fáciles de manejar y pueden aplicarse temprano, sin curado inicial. Son especialmente útiles en regiones áridas para concreto plano y estructural masivo. En las siguientes secciones se mencionan los materiales selladores más comunes. (ACI-308, 1992)

- Películas plásticas

- Papel impermeable
- Compuestos líquidos para formar membranas de curado

Figura 15

Curado vs Resistencia a la compresión mediante método de Curado Externo



Nota: La resistencia del concreto aumenta con la edad, desde que haya adecuada humedad y temperatura favorable para la hidratación del cemento. *Fuente:* Tomada de “(Diseño y Control de Mezclas de Concreto” de (Kosmatka et al., 2004)

3.4.4.4. CURADO INTERNO

Según el American Concrete Institute (ACI), el curado interno (CI) se puede definir como el “proceso por el cual la hidratación del cemento continúa debido a la disponibilidad de agua interna proporcionada por algunos aditivos en el concreto distintos del agua de mezcla” (ACI Committee 308, 2008)

CURADO INTERNO UNA TECNOLOGIA PRESENTE CON PRACTICA LENTA

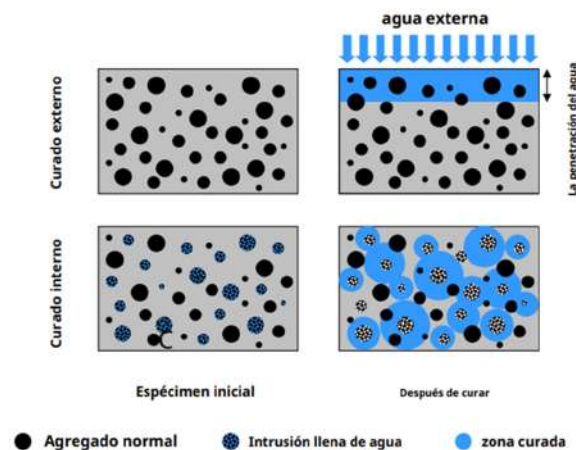
Es por tal motivo para evitar la auto desecación; en el concreto se hizo huso de agregados livianos saturados reemplazando parcialmente el agregado fino con el fin de en el curado interno el agua se distribuya de manera equitativa en toda la sección transversal del elemento; debido a que el agua de curado externo solo puede penetrar en la capa superficial si poder llegar al centro del elemento de concreto; provocando la desecación. A mediados de la década de 1990, una variedad de grupos de investigación en Alemania (Weber y Reinhardt, 1995), los Países Bajos (van Breugel y de Vries, 1998) e Israel (Bentur et al., 1999) habían seguido el ejemplo: “Un reemplazo parcial de agregado fino con finos livianos saturados podría ofrecer una solución prometedora. (Philleo, 1991)”. concepto

investigando activamente el curado interno mediante el uso de agregados ligeros pre humedecidos. En los años posteriores, otros materiales que podrían funcionar como depósitos internos de agua, como los polímeros superabsorbentes (SAP) (Jensen y Hansen, 2001) (Jensen y Hansen, 2002), las fibras de madera pre humedecidas (Mohr et al., 2005) y Polímeros Absorbente de Agua (PAA) (Ramalingam et al., 2022), investigaciones que nos brindan información de avances tecnológicos necesarios para la sociedad. El uso de polímeros absorbentes de agua en el concreto es una técnica relativamente nueva que se utiliza para mejorar diversas propiedades del concreto, como su durabilidad, resistencia a la fisuración y capacidad de autoreparación. Estos polímeros, también conocidos como hidrogeles, pueden absorber grandes cantidades de agua y liberarla lentamente cuando el concreto se encuentra en un entorno seco.

Los polímeros absorbentes de agua se pueden incorporar al concreto durante el proceso de mezcla, generalmente en forma de polvo o gránulos. Una vez que el concreto se cura y se expone a condiciones secas, los polímeros absorben la humedad ambiental y se hinchan, ayudando a mantener una humedad interna adecuada en el concreto y reduciendo así la retracción y el agrietamiento.

Figura 16

Ilustración de la diferencia entre curado externo e interno.



Nota. Las inclusiones rellenas de agua deben distribuirse uniformemente y espaciarse lo suficientemente cerca como para cubrir todo el sistema de pasta a diferencia del curado externo. Adaptado de *Application of internal curing for mixtures containing high volumes of fly ash* (de la Vega et al., 2012)

El objetivo del curado interno es proporcionar una fuente de agua adicional fácilmente disponible para que la porosidad capilar de la pasta de cemento hidratante permanezca saturada, minimizando así las tensiones y deformaciones autógenas. Esta agua adicional también promoverá una maximización de la hidratación del cemento y las puzolanas en la mezcla, contribuyendo potencialmente a aumentar las resistencias y reducir los coeficientes de transporte. Convencionalmente, parte de esta agua adicional ha sido proporcionada por técnicas de curado externo, como encharcamiento, nebulización, nebulización y la aplicación de arpillera húmeda. Sin embargo, en los hormigones de mayor rendimiento que se están utilizando actualmente, la porosidad capilar se desconecta durante los primeros días de hidratación (Power et al., 1959), de forma que esta agua externa puede penetrar sólo unos pocos mm en el interior de la misma. concreto de las superficies aplicadas por el curado (Bentz, 2002), mientras que el interior del concreto sufre una autodesecación sustancial. El propósito del curado interno es suministrar una cantidad adicional de agua de manera adecuada y con una distribución correcta, asegurando que toda la microestructura tridimensional de la pasta de cemento en proceso de hidratación se mantenga saturada y sin tensiones autógenas.

3.5. DISEÑO DE MEZCLAS CON EL MÉTODO ACI-211

American Concrete Institute (ACI), una organización líder en concreto y la construcción. El diseño de mezcla según ACI 211 se refiere al proceso de determinar la proporción adecuada de materiales (como cemento, agregados, agua y aditivos) para producir concreto con las características deseadas en trabajabilidad, resistencia y la durabilidad.

Este diseño conlleva una serie de pasos que incluyen la selección de los materiales, el análisis de las propiedades físicas de los materiales, considera factores como el entorno de exposición del concreto, los requisitos de resistencia mínima.

3.5.1. SECUENCIA DE DISEÑO

1. Determinar la resistencia de diseño " f'_{cr} "
2. Selección del asentamiento (SLUMP)
3. Determinación del tamaño máximo nominal TMN del agregado
4. Determinación del volumen unitario de agua de diseño
5. Determinación del contenido de aire atrapado
6. Selección de la relación agua/cemento (a/c)

7. Determinación del factor cemento (C)
8. Determinación de la cantidad de agregado grueso
9. Determinar la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado
10. Determinar el volumen absoluto de agregado fino
11. Determinar el peso seco del agregado fino
12. Determinar los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso
13. Corregir los valores por humedad del agregado
14. Ajuste de agua efectiva de mezcla por humedad y absorción de los agregados
15. Componentes del concreto para 1 m³, corregido por humedad

4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, mejorará sus propiedades mecánicas en la ciudad del Cusco.

4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- a. La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto incrementará la resistencia a la compresión.
- b. La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto tendrá una influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson.
- c. La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno incrementará la resistencia a la tracción indirecta.
- d. La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado le proporcionará un incremento en la resistencia a la flexión.
- e. La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno disminuirá la contracción.
- f. La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno representarán un incremento en el costo de la elaboración del concreto patrón.

5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. VARIABLES E INDICADORES

5.1.1. Variable independiente

- Adición de los polímeros absorbentes de agua (PAA).

Para la presente investigación se adicionará al concreto diferentes porcentajes de PAA como son: 1.5%, 2.5% y 3.5% del peso del cemento.

5.1.2. Variable dependiente:

- Propiedades mecánicas del concreto

Para la presente investigación se considerará las siguientes propiedades mecánicas del concreto, en estado fresco: temperatura, asentamiento del concreto y contenido de aire; y en estado endurecido: absorción, densidad, cambio volumétrico, resistencia a la compresión simple, módulo de elasticidad y relación de Poisson, tracción indirecta y resistencia a la flexión.

5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Figura 17

Operacionalización de variables

TIPO	VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	FACTORES	INDICADORES												
INDEPENDIENTE	Adición de Polímeros Absorbentes de Agua (PAA)	La influencia de PAA en las mezclas de concreto se analizará mediante la adición de PAA en diferentes porcentajes, así mismo se registrará el porcentaje de absorción del PAA.	Porcentaje de adición de PAA	% en peso del cemento del concreto												
DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas del concreto	Se analizarán las propiedades mecánicas de concreto en estado endurecido mas relevantes.	Estado endurecido:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Resistencia a la compresión</td> <td style="text-align: center;">f'c (kg/cm²)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Módulo de elasticidad</td> <td style="text-align: center;">kg/cm²</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Relación de Poisson</td> <td style="text-align: center;">mm/mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tracción indirecta</td> <td style="text-align: center;">kg/cm²</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Resistencia a la flexión</td> <td style="text-align: center;">Mpa</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Cambio volumétrico</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </table>	Resistencia a la compresión	f'c (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad	kg/cm ²	Relación de Poisson	mm/mm	Tracción indirecta	kg/cm ²	Resistencia a la flexión	Mpa	Cambio volumétrico	%
Resistencia a la compresión	f'c (kg/cm ²)															
Módulo de elasticidad	kg/cm ²															
Relación de Poisson	mm/mm															
Tracción indirecta	kg/cm ²															
Resistencia a la flexión	Mpa															
Cambio volumétrico	%															

Nota: Se presentan los tipos de variables dependientes e independientes, factores e indicadores.

5.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la presente investigación se propuso la adición de PAA como agente de curado interno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, se consideró constantes las proporciones de los componentes de la mezcla de concreto a excepción del PAA, los cuales se añadieron en diferentes porcentajes.

1. Para la elaboración del concreto se utilizó agregado grueso procedente de la cantera de Vicho y para el agregado fino se realizó una mezcla de las canteras Vicho y Cunyac, puesto que, en un análisis previo de ambas canteras, estas presentaban una granulometría muy gruesa y muy fina respectivamente. Así mismo, se realizaron ensayos a los agregados (humedad, granulometría, peso específico, porcentaje de absorción, peso unitario suelto y varillado) de acuerdo a la normativa correspondiente para garantizar el uso de estos.
2. Como aglomerante se usó cemento Yura tipo IP, se adjunta su ficha técnica en el Anexo H1.
3. Se realizó el diseño de mezcla según el método del ACI 211.1. para determinar las proporciones de cemento, agregados, agua a utilizarse.
4. Al diseño de mezcla obtenido, se adicionó PAA (bolas de gel de marca Alquera, ver Anexo H2) en diferentes porcentajes (1.5%, 2.5% y 3.5%) del peso de cemento.
5. Se obtuvo la instrumentación requerida y adecuada para los ensayos propuestos con la finalidad de obtener resultados más precisos.
6. Se realizó ensayos al concreto en estado fresco (SLUMP, contenido de aire y temperatura) para determinar su trabajabilidad y propiedades de acuerdo a la normativa correspondiente.
7. Se realizó ensayos al concreto en estado endurecido (resistencia a la compresión, tracción indirecta, flexión y cambio volumétrico) para ello se elaboró muestras cilíndricas, vigas y cubos de concreto, las mismas que fueron ensayadas de acuerdo a la normativa correspondiente.
8. También se calcularon los módulos de elasticidad y relación de Poisson de las muestras cilíndricas durante el ensayo de resistencia a la compresión.
9. Se realizó un análisis de precios unitarios del concreto con y sin adición de PAA.

5.4. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Importancia teórica: la presente investigación aporta conocimiento y una alternativa para mejorar el curado externo convencional del concreto mediante un curado interno mediante la adición de PAA y de esta manera incrementar los valores de sus propiedades mecánicas más relevantes.

5.5. ÁMBITO DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación tiene como ámbito de estudio la ciudad del Cusco que corresponde a uno de los 24 departamentos del Perú, capital de la provincia y del departamento del Cusco, situado en el sur andino del país con 3399 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas 13°19'48.97" de latitud Sur y 72°09'47.12" de longitud Oeste. Por su ubicación el clima se puede denominar como templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada; la media anual de temperatura máxima y mínima es 19.6°C y 4.4°C respectivamente, llamados por propios y visitantes como "La capital del imperio Inca". Febrero es el mes más lluvioso, julio y agosto son los meses más fríos por la noche, aunque también son los más calurosos.

5.6. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

➤ **Según el propósito de los investigadores**

La investigación es APLICADA,

➤ **Según los datos empleados por los investigadores**

La investigación es CUANTITATIVA,

➤ **Según la intervención de los investigadores**

La investigación es EXPERIMENTAL ya que es analítico y de nivel investigativo, "explicativo".

➤ **Según el número de variables de interés**

La investigación será ANALÍTICA, los diferentes resultados serán analizados ampliamente mediante sus correspondientes variables los mismos que nos permiten llegar a conclusiones valiosas para contrastar la hipótesis.

➤ **Según la planificación de toma de datos**

La investigación será PROSPECTIVO, se toman datos (primarios) con intención y las mediciones son realizadas por los investigadores, por lo que poseen control de sesgo de medición.

5.7. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se hará a nivel Descriptivo – Analítico.

- **Descriptiva.**

Comprende el proceso de identificación, descripción, caracterización, evaluación de aspectos, dimensiones o componentes.

- **Analítico.**

Los diferentes resultados serán ampliamente analizados y comparados con modelos de estudio, los mismos que nos permitirán llegar a conclusiones valiosas para verificar la hipótesis.

5.8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación del presente trabajo es del tipo EXPERIMENTAL por realizar métodos experimentales y ensayos de laboratorio.

5.9. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

De acuerdo a la normativa de los ensayos requeridos para la determinación de las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón y con adición de PAA, se utilizarán muestras cilíndricas, cúbicas y vigas de concreto de acuerdo a la normativa correspondiente.

5.10. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

Para la recolección de datos de los diferentes ensayos realizados en la presente investigación se utilizó como técnica diferentes formatos de evaluación donde se registró la data correspondiente para posteriormente ser procesada en gabinete. Cabe mencionar que todos los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Para el dimensionamiento de los especímenes se utilizó un vernier debidamente calibrado, para los ensayos de resistencia a la compresión, tracción indirecta y resistencia a la flexión, se hizo uso de la máquina de ensayo universal (Universal Testing Machine) el cual nos proporcionó el registro de la carga aplicada durante el tiempo de ensayo hasta la falla, como también las deformaciones en el sentido de aplicación de carga al espécimen, complementariamente para la resistencia a la compresión se utilizó un equipo compuesto de un extensómetro-compresómetro y diales digitales con precisión a la milésima de milímetro que medirán las deformaciones transversales y longitudinales de los especímenes durante el ensayo.

Para el ensayo de cambio volumétrico se utilizó un armazón de forma cúbica con diales digitales acoplados a él para el registro de las dimensiones en los tres (03) ejes de los especímenes cúbicos.

Para la validación de los ensayos realizados, se obtuvo un certificado de uso de laboratorio donde se valida la cantidad de los ensayos realizados. (ver Anexo K)

Además, se utilizó formatos o fichas de evaluación como instrumentos de investigación, tales como:

- Formato de evaluación para resistencia a la compresión (ver Anexo A1)
- Formato de evaluación para resistencia a la flexión (ver Anexo A2)
- Formato de evaluación para resistencia a la tracción indirecta (ver Anexo A3)
- Formato de evaluación para módulo de elasticidad y relación de Poisson (ver Anexo A4)

5.11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACIÓN

En base a los antecedentes del presente trabajo de investigación y con la finalidad de realizar un adecuado análisis de la información se recomienda lo siguiente:

Se realizará un análisis de los resultados de los ensayos realizados a los agregados fino y grueso de acuerdo a los parámetros que indica la normativa correspondiente a cada ensayo.

Se realizará la preparación del concreto de acuerdo al diseño de mezcla patrón elaborado, para ello se calculará el proporcionamiento en volumen y peso de los materiales.

Para la presente investigación se hará la adición de pequeñas esferas de PAA en los diseños de mezcla para evaluar la incidencia de este material como agente de curado interno en las propiedades mecánicas del concreto, se planteó la adición de diferentes porcentajes (1.5%, 2.5% y 3.5% del peso del cemento) de PAA.

Así mismo, se evaluará el material como tal, para ello se realizará ensayos de absorción y desorción del PAA para evaluar su comportamiento en el concreto.

En función a los valores que se obtendrán de los ensayos de revenimiento, porcentaje de vacíos y medición de temperatura del concreto en estado fresco, se evaluará las condiciones de trabajabilidad y su incidencia en las mezclas de concreto. Se hará uso del cono de Abrams, termómetro y la Olla de Washington.

Luego de la elaboración de los especímenes de concreto, estos se depositarán en pozas de curado al aire sumergidos en agua, para ello de acuerdo a la norma se verificará que la temperatura del agua de curado no descienda de 10°C de acuerdo a la Norma ACI 308, para asegurar que el proceso de hidratación del concreto se lleve a cabo adecuadamente.

Para los ensayos en los especímenes de concreto endurecido, se realizarán comparaciones de los resultados obtenidos del concreto con adición de PAA con respecto al concreto patrón (sin adición de PAA) y se analizará la incidencia que tiene la adición de este material en las propiedades mecánicas del concreto.

Con la finalidad de obtener resultados más precisos se plantea el uso de la Máquina de ensayo universal (Universal Testing Machine) para los ensayos de resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión del concreto, además de un compresómetro, extensómetro, diales digitales con precisión a la milésima de milímetro.

Para interpretar el comportamiento volumétrico de los especímenes se analizará los valores registrados por los diales durante el ensayo en el equipo que consta de un armazón metálico con tres diales digitales acoplados en los tres ejes, dependiendo si se registran valores positivos o negativos se terminará si el espécimen de concreto está teniendo un comportamiento a contracción o expansión.

Respecto al análisis de costos del concreto por metro cúbico con y sin adición de PAA, se evaluará la incidencia que representa la adición del PAA en el costo del producto final.

6. PLANTEAMIENTO DEL MODELO EXPERIMENTAL

6.1. DESARROLLO DEL TRABAJO

Con el objetivo de analizar las propiedades mecánicas del concreto con una resistencia de 210 kg/cm², se ha desarrollado un modelo experimental para la tesis que incorpora la adición del polímero absorbente de agua (PAA). Se llevó a cabo un análisis y caracterización de los componentes clave, que son: cemento, agregados, PAA y agua, con el fin de fabricar el concreto en condiciones de laboratorio. Este análisis abarcó aspectos físicos y mecánicos para garantizar la calidad del concreto tanto en su estado fresco (temperatura, trabajabilidad y contenido de aire) como en su estado endurecido (absorción, densidad, cambios volumétricos, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, relación de Poisson, tracción indirecta y resistencia a la flexión).

A continuación, se detalla la descripción del análisis de los componentes del concreto, los procedimientos de ensayo aplicados a dichos componentes, la formulación del diseño de la mezcla, la preparación de muestras de concreto (briquetas cilíndricas, vigas y cubos), así como los procedimientos de ensayo para evaluar el concreto en su estado fresco y endurecido.

6.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Resistencia a la compresión, módulo de elasticidad estático a compresión y relación de Poisson a compresión; para determinar la cantidad de muestra a realizar en los periodos de evaluación; según al reglamento E 060 CONCRETO ARMADO: Capítulo 5, ítem 5.1.6. Se considera como un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c (p. 40).. De acuerdo a la investigación se tiene 2 periodos de evaluación de propiedades mecánicas, siendo estas a los 28 días y 42 días y desarrollando como resultado el promedio de 3 ensayos tomando en cuenta el reglamento, cada dosificación tiene ocho (08) unidades de probetas a ser ensayadas; se realizará la selección de resultados para los rangos aceptables de acuerdo a la Norma NTP 339.034 para descartar dos (02) muestras que presentan mayor dispersión, de esta manera se registrarán seis (06) muestras en las tablas de resultados. Para conocer el crecimiento de la curva de resistencia del concreto con el tiempo se evaluará también

la resistencia a la compresión a los 14 días y 56 días con el promedio de 3 probetas para cada dosificación. En cuanto a los ensayos de Resistencia a la flexión, Tracción indirecta y cambio volumétrico; se realizó el moldeo de 3 unidades para cada periodo de evaluación; presentando un resultado promedio de los 3 ensayos realizados.

Tabla 1

Tamaño de muestra para resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y relación de Poisson – 28 y 42 días

TAMAÑO DE LA MUESTRA					
ENSAYO	% DE PAA	PERIODOS DE EVALUACIÓN PROPUESTOS			
		28 días	42 días	SUBTOTAL	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (Briquetas)	0% PAA	6	V1-B1	V2-B1	12
			V1-B2	V2-B2	
			V1-B3	V2-B3	
			V1-B4	V2-B4	
			V1-B5	V2-B5	
			V1-B6	V2-B6	
	1.5% PAA	6	V3-B1	V4-B1	12
			V3-B2	V4-B2	
			V3-B3	V4-B3	
			V3-B4	V4-B4	
			V3-B5	V4-B5	
			V3-B6	V4-B6	
	2.5% PAA	6	V5-B1	V6-B1	12
			V5-B2	V6-B2	
			V5-B3	V6-B3	
			V5-B4	V6-B4	
			V5-B5	V6-B5	
			V5-B6	V6-B6	
	3.5% PAA	6	V7-B1	V8-B1	12
			V7-B2	V8-B2	
			V7-B3	V8-B3	
			V7-B4	V8-B4	
			V7-B5	V8-B5	
			V7-B6	V8-B6	

Nota. Número de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión para cada porcentaje de adición de PAA, a los 28 y 42 días de evaluación.

Tabla 2*Tamaño de muestra para resistencia a la compresión – 14 y 56 días*

TAMAÑO DE LA MUESTRA						
ENSAYO	% DE PAA	PERIODOS DE EVALUACIÓN			SUBTOTAL	
		14 días		56 días		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (Briquetas)	0% PAA	3	<u>V0-B4-14D</u>	3	<u>V0-B7-56D</u>	6
			<u>V0-B5-14D</u>		<u>V0-B8-56D</u>	
			<u>V0-B6-14D</u>		<u>V0-B9-56D</u>	
	1.5% PAA	3	<u>V1.5-B4-14D</u>	3	<u>V1.5-B7-56D</u>	6
			<u>V1.5-B5-14D</u>		<u>V1.5-B8-56D</u>	
			<u>V1.5-B6-14D</u>		<u>V1.5-B9-56D</u>	
	2.5% PAA	3	<u>V2.5-B4-14D</u>	3	<u>V2.5-B7-56D</u>	6
			<u>V2.5-B5-14D</u>		<u>V2.5-B8-56D</u>	
			<u>V2.5-B6-14D</u>		<u>V2.5-B9-56D</u>	
	3.5% PAA	3	<u>V3.5-B4-14D</u>	3	<u>V3.5-B7-56D</u>	6
			<u>V3.5-B5-14D</u>		<u>V3.5-B8-56D</u>	
			<u>V3.5-B6-14D</u>		<u>V3.5-B9-56D</u>	

Nota. Número de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión para cada porcentaje de adición de PAA, a los 14 y 56 días de evaluación.

Resistencia a la flexión en vigas; para esta prueba se desarrolló 3 vigas de dimensiones 150mm x 150mm x 65 mm; el resultado a obtener final será el promedio de las 3 pruebas.

Tabla 3*Tamaño de muestra para resistencia a la flexión*

TAMAÑO DE LA MUESTRA						
ENSAYO	% DE PAA	PERIODOS DE EVALUACIÓN PROPUESTOS			SUBTOTAL	
		28 días		42 días		
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Vigas)	0% PAA	3	<u>V1-VG1</u>	3	<u>V2-VG1</u>	6
			<u>V1-VG2</u>		<u>V2-VG2</u>	
			<u>V1-VG3</u>		<u>V2-VG3</u>	
	1.5% PAA	3	<u>V3-VG1</u>	3	<u>V4-VG1</u>	6
			<u>V3-VG2</u>		<u>V4-VG2</u>	
			<u>V3-VG3</u>		<u>V4-VG3</u>	
	2.5% PAA	3	<u>V5-VG1</u>	3	<u>V6-VG1</u>	6
			<u>V5-VG2</u>		<u>V6-VG2</u>	
			<u>V5-VG3</u>		<u>V6-VG3</u>	
	3.5% PAA	3	<u>V7-VG1</u>	3	<u>V8-VG1</u>	6
			<u>V7-VG2</u>		<u>V8-VG2</u>	
			<u>V7-VG3</u>		<u>V8-VG3</u>	

Nota. Número de muestras para el ensayo de resistencia a flexión para cada porcentaje de adición de PAA y para cada periodo de evaluación propuesto.

Tracción indirecta en muestras cilíndricas; para esta prueba se desarrolló 3 probetas cilíndricas de dimensiones 10mm de diámetro x 200mm de altura; el resultado a obtener será el promedio de las 3 pruebas.

Tabla 4*Tamaño de muestra para resistencia a la tracción indirecta*

TAMAÑO DE LA MUESTRA						
ENSAYO	% DE PAA	PERIODOS DE EVALUACIÓN PROPUESTOS				
		28 días		42 días		SUBTOTAL
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Briquetas)	0% PAA	3	V1-B1-TI	3	V2-B1-TI	
			V1-B2-TI		V2-B2-TI	
			V1-B3-TI		V2-B3-TI	
	1.5% PAA	3	V3-B1-TI	3	V4-B1-TI	6
			V3-B2-TI		V4-B2-TI	
			V3-B3-TI		V4-B3-TI	
	2.5% PAA	3	V5-B1-TI	3	V6-B1-TI	6
			V5-B2-TI		V6-B2-TI	
			V5-B3-TI		V6-B3-TI	
	3.5% PAA	3	V7-B1-TI	3	V8-B1-TI	6
			V7-B2-TI		V8-B2-TI	
			V7-B3-TI		V8-B3-TI	

Nota. Número de muestras para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta para cada porcentaje de adición de PAA y para cada periodo de evaluación propuesto.

Cambio volumétrico; para esta prueba se desarrolló 3 cubos de concreto de dimensiones 150mm x 150mm x 150mm; el resultado a obtener final será la variación volumétrica diaria del volumen de estas muestras hasta el día 42 desde su vaciado.

Tabla 5*Tamaño de muestra para el ensayo de cambio volumétrico*

TAMAÑO DE LA MUESTRA						
ENSAYO	% DE PAA	PERIODOS DE EVALUACIÓN PROPUESTOS				
		Post-vaciado, desde el día 1 hasta el día 42				SUBTOTAL
CAMBIO VOLUMÉTRICO (Cubos)	0% PAA	3	V1-D1			
			V1-D2			
			V1-D3			
	1.5% PAA	3	V3-D1			3
			V3-D2			
			V3-D3			
	2.5% PAA	3	V5-D1			3
			V5-D2			
			V5-D3			
	3.5% PAA	3	V7-D1			3
			V7-D2			
			V7-D3			

Nota. Número de muestras para el ensayo de cambio volumétrico para cada porcentaje de adición de PAA, los mismos que se evaluarán diariamente hasta los 42 días.

6.3. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE TRABAJO

6.3.1. AGREGADOS

6.3.1.1. Agregado grueso

El agregado grueso utilizado para la presente tesis es de la cantera de Vicho, siendo una piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ", se desarrolló los siguientes ensayos para evaluar el componente pétreo del concreto siendo estas características físico – mecánicas.

Tabla 6

Normativa para ensayos al agregado grueso

Ensayo	Norma
Determinación de la humedad total evaporable de agregado por secado	NTP 339.185
Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (Nº 200) por lavado en agregados.	NTP 400.018
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.	NTP 400.012
Peso específico y absorción de agregados gruesos.	NTP 400.021
Peso unitario y vacíos de los agregados.	NTP 400.017
Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles	NTP 400.019

Nota. Presentación de normativa para los ensayos realizados.

La cantera Vicho se ubica en el distrito de San Salvador de la Provincia de Calca del departamento de Cusco, a una altitud de 3100 msnm a Latitud $13^{\circ}32'52.89''\text{S}$ y Longitud $71^{\circ}44'13.65''\text{O}$. El agregado de la cantera es de origen ígneo, las composiciones mineralógicas de los clastos están constituidas principalmente de rocas volcánicas.

6.3.1.2. Agregado fino

El agregado fino utilizado para la presente tesis tiene 2 procedencias; la primera es de la cantera de Vicho que se conocerá como agregado fino 01, siendo una arena gruesa; y la segunda de la cantera de Cunyac que se conocerá como agregado fino, siendo una arena fina; se desarrolló los siguientes ensayos para evaluar el componente pétreo del concreto siendo estas características físico – mecánicas. Además, obteniendo los resultados propios de cada material (agregado fino 01 y agregado fino 02); se realizó la combinación del material en proporción 7:3; mejorando sus características requeridas como agregado fino para la mezcla de concreto.

Tabla 7*Normativa para ensayos al agregado fino*

Ensayo	Norma
Determinación de la humedad total evaporable de agregado por secado	NTP 339.185
Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (Nº 200) por lavado en agregados.	NTP 400.018
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.	NTP 400.012
Peso específico y absorción de agregados Finos.	NTP 400.022
Peso unitario y vacíos de los agregados.	NTP 400.017

Nota. Presentación de normativa para los ensayos realizados

La cantera Vicho se ubica en el distrito de San Salvador de la Provincia de Calca del departamento de Cusco, a una altitud de 3100 msnm a Latitud 13°32'52.89"S y Longitud 71°44'13.65"O. El agregado de la cantera es de origen ígneo, las composiciones mineralógicas de los clastos están constituidas principalmente de rocas volcánicas y la cantera Cunyac se ubica en el distrito de Curahuasi de la Provincia de Abancay del departamento de Apurímac, a una altitud de 1850 msnm a Latitud 13°33'39.23"S y Longitud 72°34'46.10"O. El agregado de la cantera es de origen ígneo, las composiciones mineralógicas de los clastos están compuestas por material ígneo.

6.3.2. POLÍMERO

6.3.2.1. Obtención del polímero

Para la elección de este componente, los criterios que se tomó en cuenta, fue el costo por bolsa y las dimensiones del PAA, encontrándose en el mercado de forma limitada. El PAA utilizada en esta investigación, es de dimensiones 1.8 – 1.9 mm de diámetro en estado natural y de dimensiones de 6.7 a 6.9 mm de diámetro en estado saturado, la cual es una adición de agua interna de curado, del cual el objetivo es mejorar el curado interno del concreto y a su vez las características del concreto fresco (temperatura, trabajabilidad y contenido de aire) y endurecido (absorción, densidad, cambios volumétricos, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, relación de Poisson, tracción indirecta y resistencia a la flexión)

6.3.2.2. Hidratación del polímero

Después del contacto de PAA y agua, las interacciones PAA/agua dan lugar a la presión osmótica, que conducen al flujo de agua en PAA. Las cadenas poliméricas hidratadas requieren más espacio que las no hidratadas en estado seco. En consecuencia, la absorción de agua conduce a la expansión del PAA.

Como se muestra en la Figura 18, el PAA alcanzó el estado de saturación completa, este proceso duró de 90 a 120 minutos en agua. El mecanismo se puede explicar de la siguiente manera; durante los primeros 90 minutos sus dimensiones son las máximas llegando alrededor de 6,7 a 6,9 mm de diámetro; pero a medida que aumenta la concentración de iones fuera del PAA, la presión osmótica dentro del gel disminuye, lo que lleva a una menor hinchazón del PAA siendo sus dimensiones finales de 6,7 a 6,9 mm de diámetro..

Figura 18

PAA en estado saturado



Nota. Presentación del PAA; seco e hidratado.

6.3.3. CEMENTO

El cemento empleado para la presente tesis es Cemento multipropósito tipo IP. Producido por cemento Yura Arequipa. En efecto en la Tabla 8 se presenta los requisitos químicos y mecánicos que el cemento Pórtland tipo IP debe cumplir respectivamente, de acuerdo a la NTP 334.090.

Tabla 8*Requisitos químicos y mecánicos del cemento Portland tipo IP*

Requisitos Químicos	Unidad	Norma NTP 334.090
Oxido de Magnesio, MgO	(%)	6.0
Trióxido de Azufre, SO ₃	(%)	4.0
Azufre (S)	(%)	...
Residuo insoluble	(%)	...
Perdida por ignición o al Fuego, P.F	(%)	5.0
Requisitos Físicos	Unidad	Norma NTP 334.090
Peso Específico	(g/cm ³)	---
Expansión en Autoclave	(%)	0.80
Contracción en Autoclave	(%)	0.20
Fraguado Vicat Inicial	(minutos)	45
Fraguado Vicat final	(minutos)	420
Contenido aire mortero	(%)	12
Oxido de Magnesio, MgO	(%)	6.0
Resistencia a la compresión		
- 3 días	(Mpa)	13
- 7 días	(Mpa)	20
- 28 días	(Mpa)	25
Expansión del mortero		
- 14 días	(%)	0.02
- 8 semanas	(%)	0.06

Nota. Presentación de caracterización de cemento utilizado**6.3.4. AGUA**

El agua empleada en las diversas formulaciones de mezcla se obtuvo de fuentes de suministro de agua potable destinadas al consumo humano, ubicadas dentro del campus de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

6.3.5. YESO-PIEDRA (CAPING)

Pasta dura de yeso – cemento de alta resistencia, se realiza los ensayos de calificación para determinar los efectos de la relación agua/yeso y edad sobre la resistencia a la compresión de cubos de 50 mm de lado.

6.4. ENSAYOS PREVIO AL VACIADO DE LA MEZCLA DE CONCRETO

6.4.1. AGREGADO GRUESO

6.4.1.1. HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

6.4.1.1.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339:185 Determinación de la humedad total evaporable de agregado por secado.

Determinación de la humedad natural del agregado grueso; con el fin de realizar la corrección con tenido de agua para el diseño de mezcla a realizar.

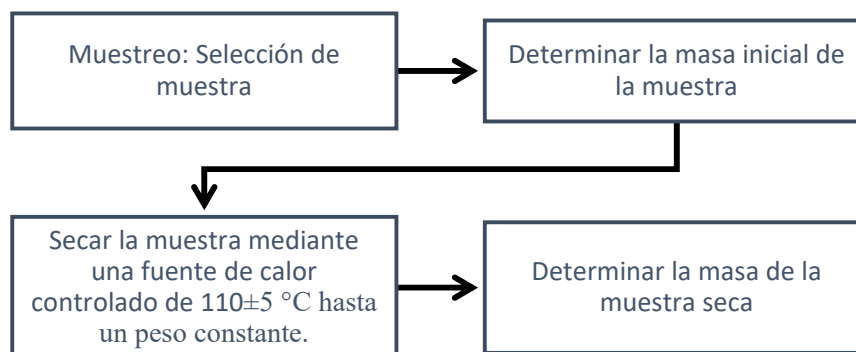
Instrumentos:

- Balanza: Aproximación de 0.1 g.
- Horno: Temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$

6.4.1.1.2. Procedimiento

Figura 19

Procedimiento para la humedad del agregado grueso



Nota. Adaptada de (NTP 339.185, 2021)

6.4.1.1.3. Cálculo

$$P = 100 (W - D)/D \quad (1)$$

Donde:

P: Humedad total evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos

D: Masa de la muestra seca en gramos

6.4.1.2. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE 75 mm (N°200) POR LAVADO DEL AGREGADO GRUESO

6.4.1.2.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.018; Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados.

Determinación por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N°200).

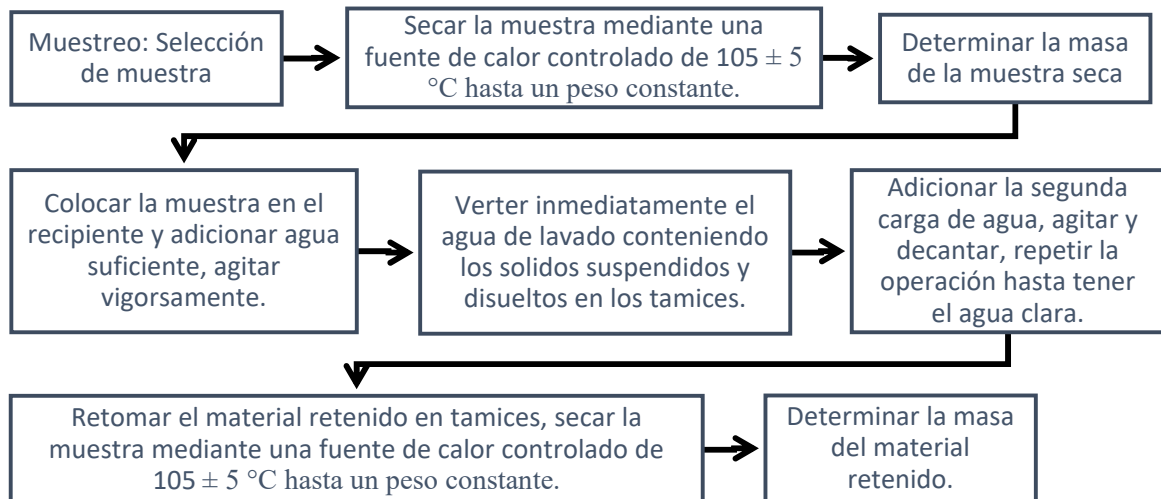
Instrumentos:

- Balanza con sensibilidad 0.1% del peso
- Tamices N°16 y 75 μm (N°200).
- Recipientes
- Horno con temperatura uniforme de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

6.4.1.2.2. Procedimiento

Figura 20

Procedimiento para la cantidad de material fino del agregado grueso



Nota. Adaptada de (NTP 400.018, 2013)

6.4.1.2.3. Cálculo

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

A: Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado.

B: Peso seco de la muestra original, en gramos.

C: Peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

6.4.1.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

6.4.1.3.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.012; Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Determinar la distribución de tamaño de partículas del agregado grueso por tamizado y módulo de fineza.

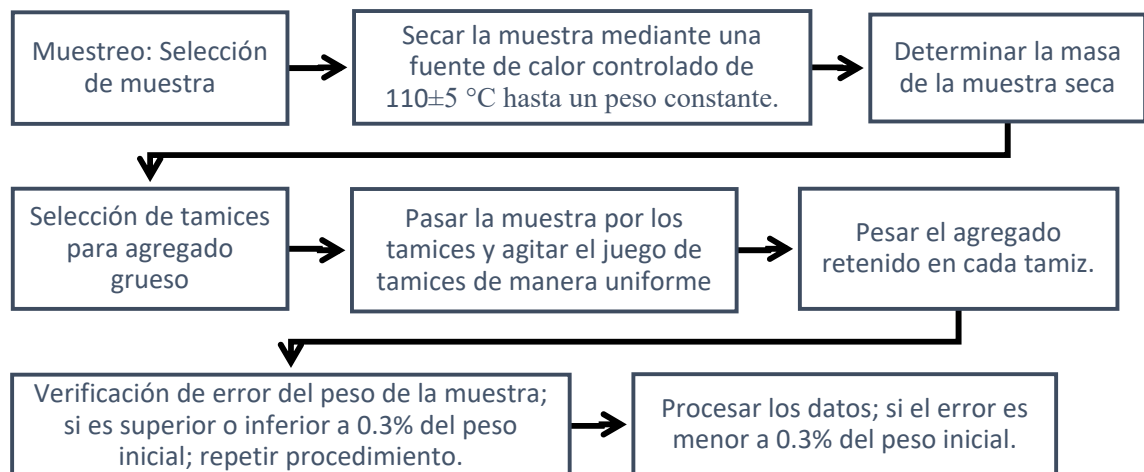
Instrumentos:

- Tamices 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4
- Recipientes
- Balanza con aproximación de 0.1 g
- Horno con temperatura uniforme de 110°C \pm 5°C.

6.4.1.3.2. Procedimiento

Figura 21

Procedimiento del análisis granulométrico del agregado grueso



Nota. Adaptada de (NTP 400.012, 2013)

6.4.1.3.3. *Cálculo de porcentajes que retienen los tamices*

$$A = \frac{B}{C} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

A: Porcentaje del material que retiene el tamiz.

B: Peso seco de la muestra original previa al lavado, en gramos.

C: Peso seco de la muestra que retiene el tamiz, en gramos.

Para el cálculo del módulo de fineza

$$Mf = \frac{\Sigma(N^\circ 100; N^\circ 50; N^\circ 30; N^\circ 16; N^\circ 8; N^\circ 4; 3/8")}{100} \quad (4)$$

Donde:

Mf: Módulo de fineza.

Σ : Sumatoria de porcentajes acumulados retenidos.

6.4.1.4. **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

6.4.1.4.1. *Normativa, objetivo y equipos*

NTP 400.021; Ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

Determinar el peso específico seco, el peso específico saturado superficialmente seco, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso

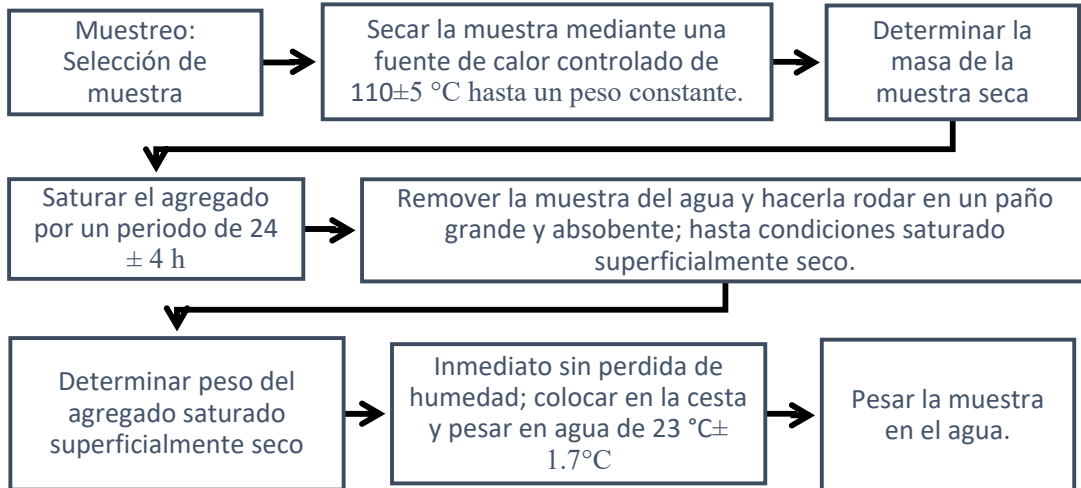
Instrumentos:

- Balanza con aproximación de 0.1 g
- Cesta con malla de alambre
- Depósito de agua
- Tamiz N°4
- Horno con temperatura uniforme de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

6.4.1.4.2. Procedimiento

Figura 22

Procedimiento del peso específico y absorción del agregado grueso



Nota. Adaptada de (NTP 400.021, 2013)

6.4.1.4.3. Cálculo

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

P_{esss} : Peso específico de masa saturada con superficie seca.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

C: Peso en el agua de la muestra saturada, en gramos.

Absorción

$$A_b(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

A_b : Absorción.

A: Peso de la muestra seca en el aire, en gramos.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

6.4.1.5. PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

6.4.1.5.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.017; Ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados.

Determinar la densidad de masa (“peso unitario”) del agregado grueso en condición suelto o compactado, y calcular los vacíos entre partículas de agregado grueso

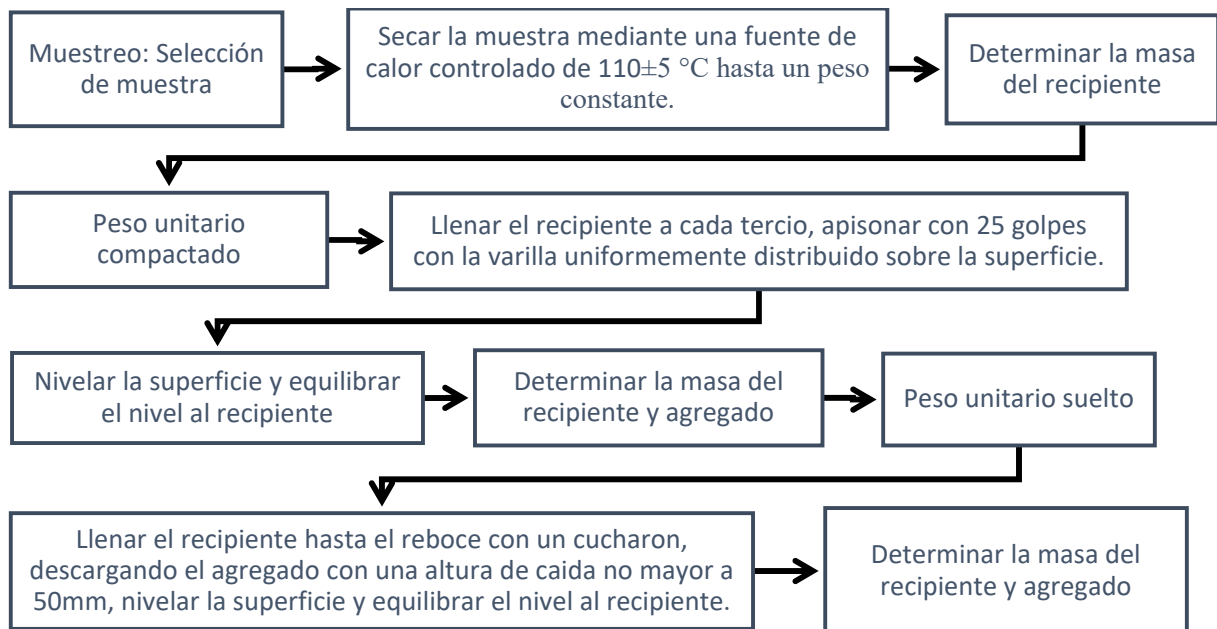
Instrumentos:

- Balanza con aproximación de 0.1% del peso del ensayo
- Varilla de apisonado; diámetro de 16 mm con punta redondeada tipo semi esférica y longitud de 600 mm
- Recipiente graduado
- Cucharón

6.4.1.5.2. Procedimiento

Figura 23

Procedimiento del peso unitario y vacíos del agregado grueso



Nota: Adaptada de (NTP 400.017, 2011)

6.4.1.5.3. Cálculo

$$M = \frac{G - T}{V} \times 100 \quad (7)$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado en kg/m³.

G: Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T: Peso del recipiente de medida en kg.

V: Volumen del recipiente de medida en m³

Porcentaje de vacíos

$$P_v = \frac{P_e - M}{P_e} \times 100 \quad (8)$$

P_v : Porcentaje de vacíos

P_e : Peso específico kg/m³

M: Peso unitario del agregado en kg/m³.

6.4.1.6. ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES DEL AGREGADO GRUESO

6.4.1.6.1. Normativa, objetivo y equipos

400.019; Determinar la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por la abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.

Determinar la resistencia a la abrasión del agregado grueso en la máquina de los ángeles.

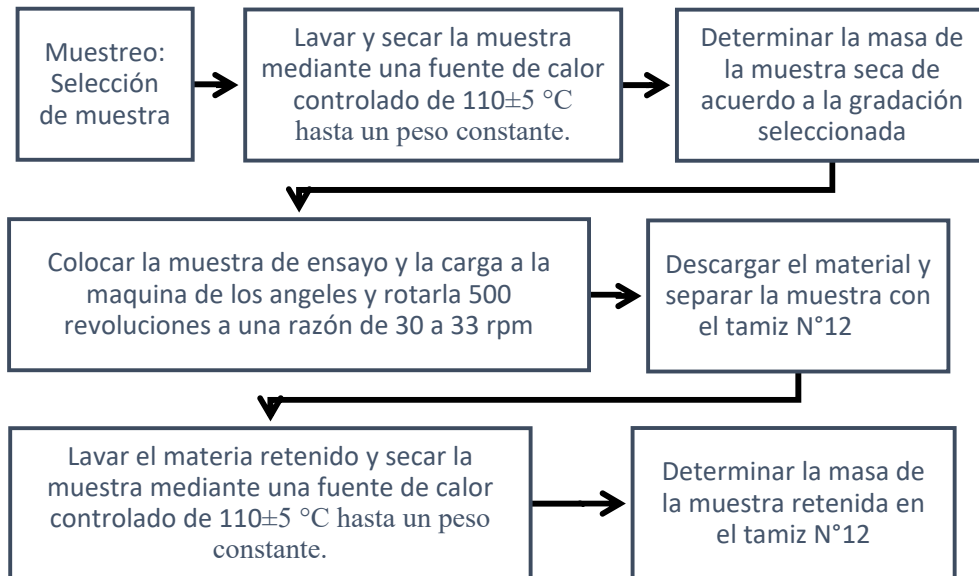
Instrumentos:

- Máquina de los Ángeles
- Tamiz N°12
- Balanza con precisión de 0.1% de la masa
- Esferas de acero de diámetro entre 46 mm y 48 mm; y masa entre 390 g a 445 g.
- Horno con temperatura uniforme de 110°C ± 5°C.

6.4.1.6.2. Procedimiento

Figura 24

Procedimiento de la abrasión del agregado grueso



Nota: Adaptada de (NTP 400.019, 2020)

6.4.1.6.3. Cálculo

$$Ab(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

Ab: Porcentaje de pérdida.

A: Peso del material seco en kg.

B: Peso retenido en tamiz N°12 después de la prueba en kg.

6.4.2. AGREGADO FINO

6.4.2.1. HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

6.4.2.1.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339:185 Determinación de la humedad total evaporable de agregado por secado

Determinación de la humedad natural del agregado fino; con el fin de realizar la corrección con tenido de agua para el diseño de mezcla a realizar.

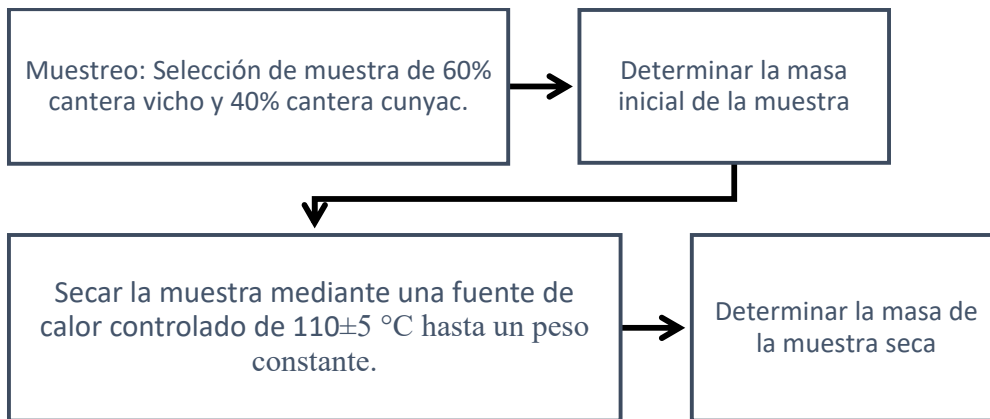
Instrumentos:

- Balanza: Aproximación de 0.1 g.
- Horno: Temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$

6.4.2.1.2. Procedimiento

Figura 25

Procedimiento para la humedad del agregado fino



Nota: Adaptada de (NTP 339.185, 2021)

6.4.2.1.3. Cálculo

$$P = 100 (W - D) / D \quad (10)$$

Donde:

P: Humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos

D: Masa de la muestra seca en gramos

6.4.2.2. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE 75 mm (N°200) POR LAVADO DEL AGREGADO FINO

6.4.2.2.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.018; Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados.

Determinación por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N°200).

Instrumentos:

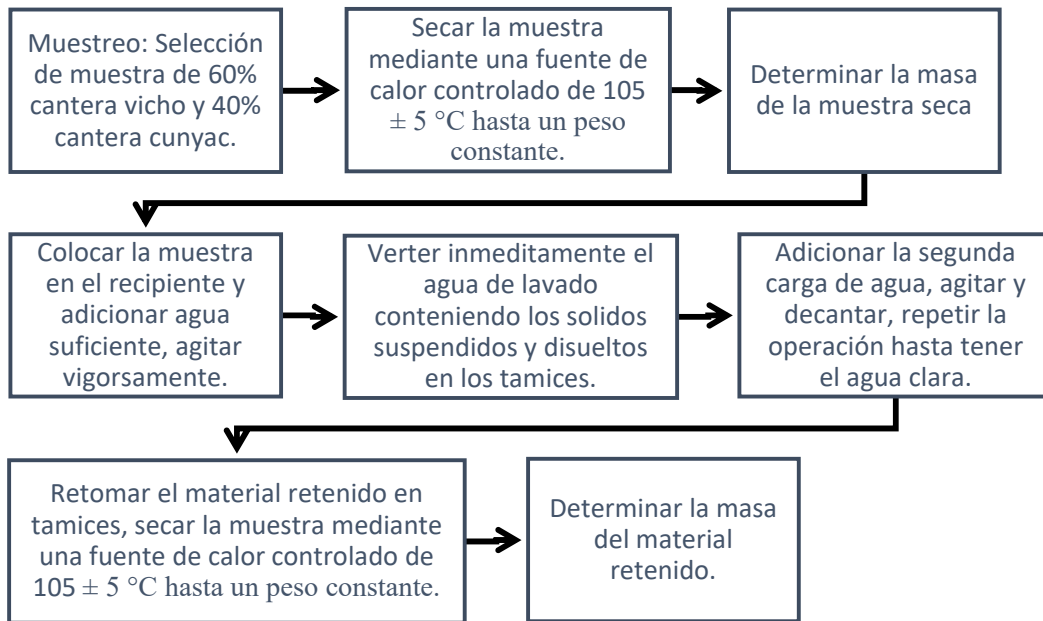
- Balanza con sensibilidad 0.1% del peso

- Tamices N°16 y 75 μm (N°200).
- Recipientes
- Horno con temperatura uniforme de 105°C ± 5°C.

6.4.2.2.2. Procedimiento

Figura 26

Procedimiento para la cantidad de material fino del agregado fino



Nota: Adaptada de (NTP 400.018, 2013)

6.4.2.2.3. Cálculo

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100 \quad (11)$$

Donde:

A: Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado.

B: Peso seco de la muestra original, en gramos.

C: Peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

6.4.2.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

6.4.2.3.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.012; Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Determinar la distribución de tamaño de partículas del agregado fino por tamizado y módulo de fineza.

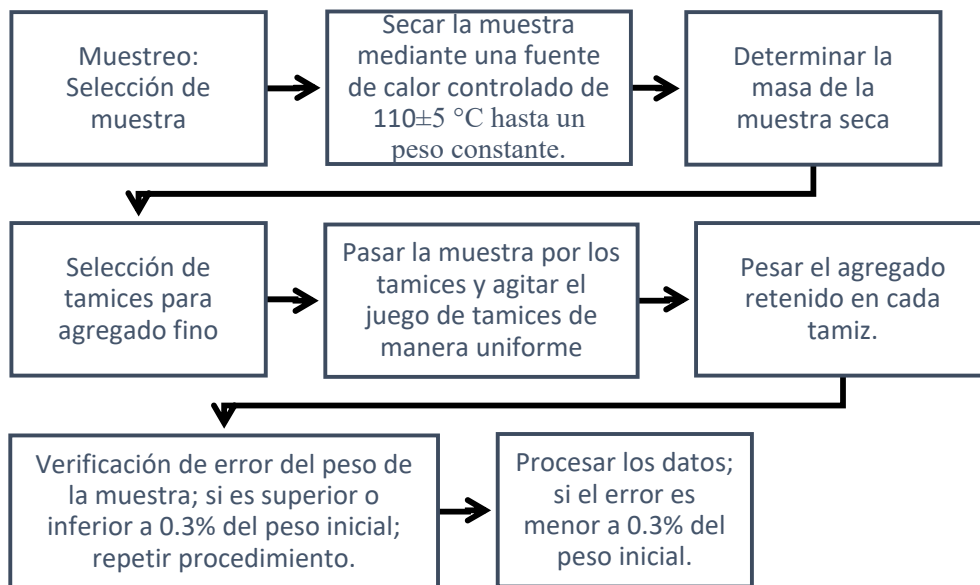
Instrumentos:

- Tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200
- Recipientes
- Balanza con aproximación de 0.1 g
- Horno con temperatura uniforme de 110°C ± 5°C.

6.4.2.3.2. Procedimiento

Figura 27

Procedimiento del análisis granulométrico del agregado fino



Nota: Adaptada de (NTP 400.012, 2013)

6.4.2.3.3. Cálculo de porcentajes que retienen los tamices

$$A = \frac{B}{C} \times 100 \quad (12)$$

Donde:

A: Porcentaje del material que retiene el tamiz.

B: Peso seco de la muestra original previa al lavado, en gramos.

C: Peso seco de la muestra que retiene el tamiz, en gramos.

Para el cálculo del módulo de fineza

$$M_f = \frac{\sum(N^\circ 100; N^\circ 50; N^\circ 30; N^\circ 16; N^\circ 8; N^\circ 4; 3/8")}{100} \quad (13)$$

Donde:

Mf: Módulo de fineza.

Σ : Sumatoria de porcentaje acumulado retenido.

6.4.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

6.4.2.4.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.021; Ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

Determinar el peso específico saturado superficialmente seco y la absorción del agregado fino

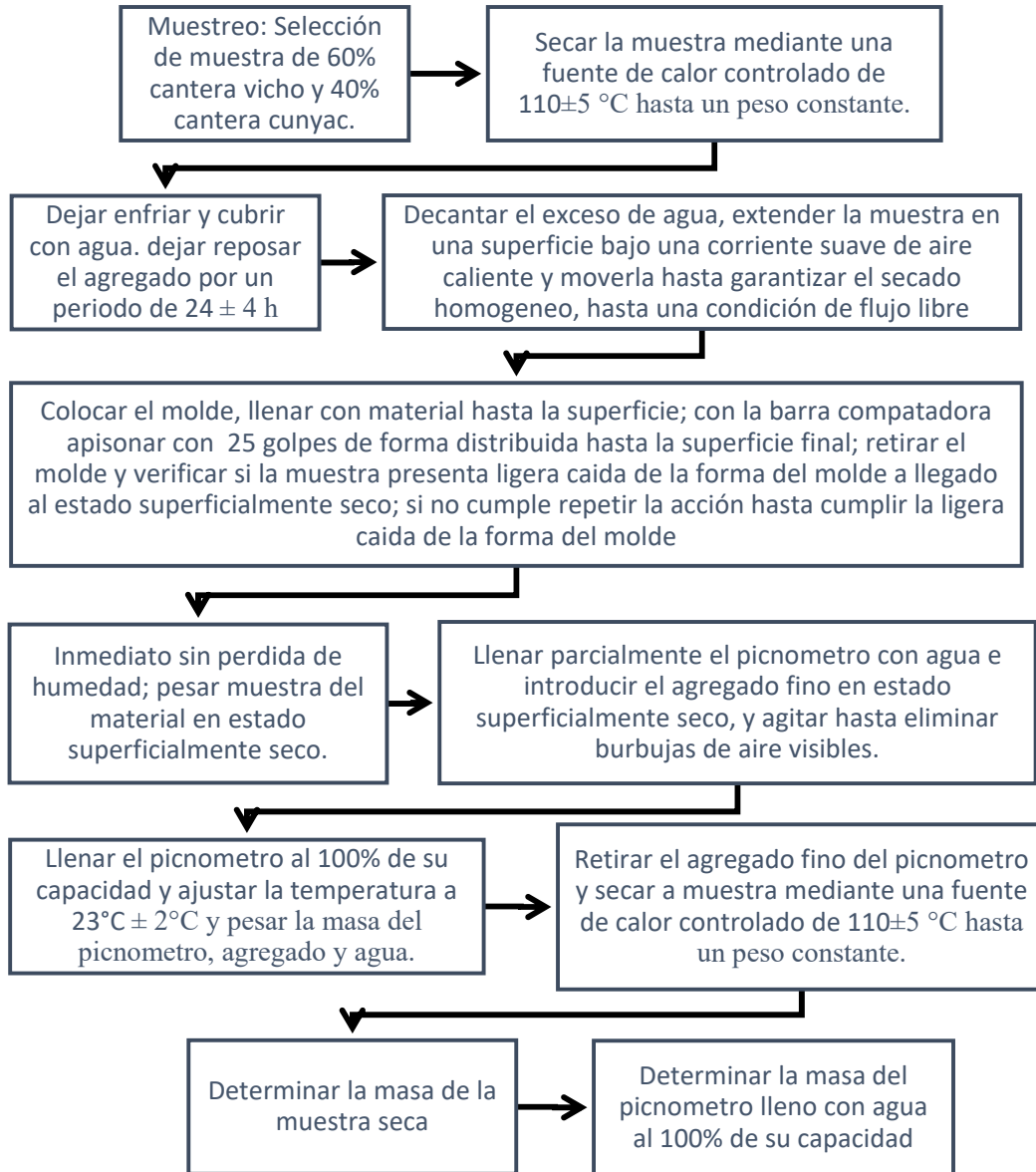
Instrumentos:

- Balanza con aproximación de 0.1 g
- Picnómetro para procedimiento gravimétrico
- Molde y barra compactadora
- Horno con temperatura uniforme de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

6.4.2.4.2. Procedimiento

Figura 28

Procedimiento del peso específico y absorción del agregado fino



Nota. Adaptada de (NTP 400.022, 2013)

6.4.2.4.3. Cálculo

$$P_{esss} = \frac{B}{A + B - C} \times 100 \quad (14)$$

Donde:

P_{esss} : Peso específico de masa saturada con superficie seca.

A: Peso del picnómetro más agua

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

C: Peso del picnómetro, agua y muestra saturada superficialmente seca en el aire, en gramos.

Absorción

$$A_b(\%) = \frac{B - D}{D} \times 100 \quad (15)$$

Donde:

A_b : Absorción.

D: Peso de la muestra seca en el aire, en gramos.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

6.4.2.5. PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE VACIOS DEL AGREGADO FINO

6.4.2.5.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.017; Ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados.

Determinar la densidad de masa (“peso unitario”) del agregado fino en condición suelto o compactado, y calcular los vacíos entre partículas de agregado fino

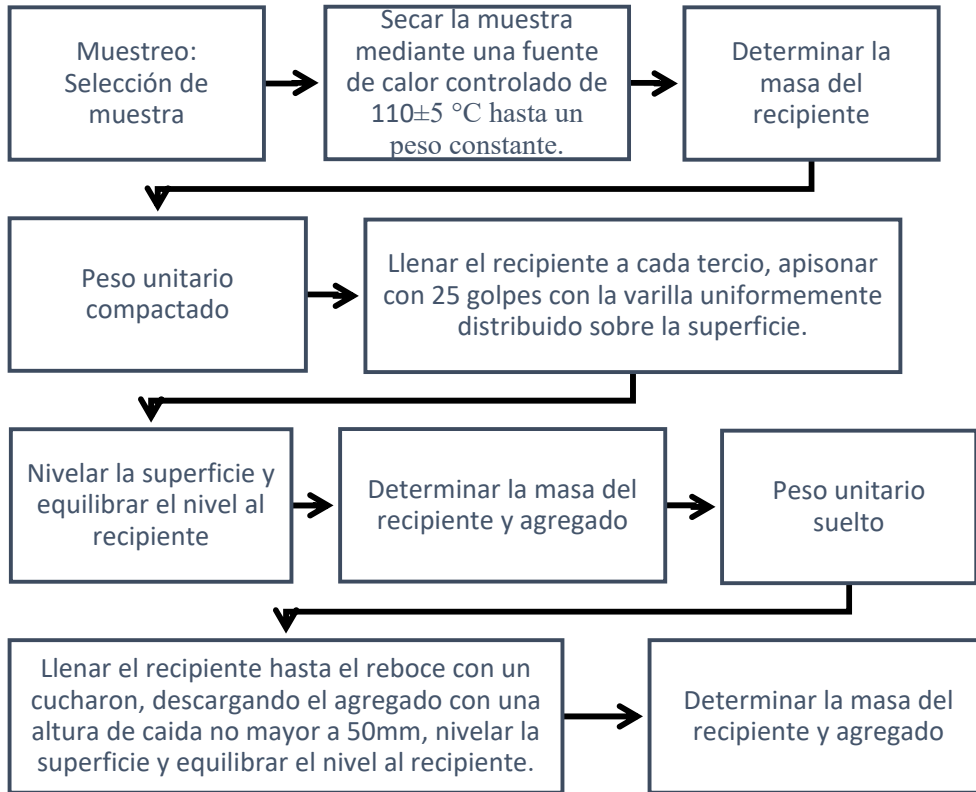
Instrumentos:

- Balanza con aproximación de 0.1% del peso del ensayo
- Varilla de apisonado; diámetro de 16 mm con punta redondeada tipo semi esférica y longitud de 600 mm
- Recipiente graduado
- Cucharón

6.4.2.5.2. Procedimiento

Figura 29

Procedimiento del peso unitario y vacíos del agregado fino



Nota. Adaptada de (NTP 400.017, 2011)

6.4.2.5.3. Cálculo

$$M = \frac{G - T}{V} \times 100 \quad (16)$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado en kg/m³.

G: Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T: Peso del recipiente de medida en kg.

V: Volumen del recipiente de medida en m³

6.4.3. **POLIMERO ABSORBENTE DE AGUA (PAA)**

6.4.3.1. **HUMEDAD DEL PAA**

6.4.3.1.1. *Normativa, objetivo y equipos*

NTP 339:185 Determinación de la humedad total evaporable de agregado por secado

Determinación de la humedad natural del PAA; como característica física del PAA

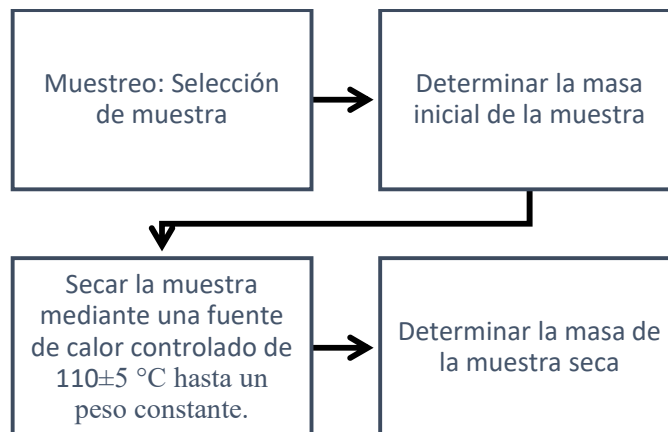
Instrumentos:

- Balanza con aproximación de 0.1% del peso del ensayo
- Horno con temperatura uniforme de 110°C ± 5°C.

6.4.3.1.2. *Procedimiento*

Figura 30

Procedimiento de la humedad del PAA



Nota. Adaptada de (NTP 339.185, 2021)

6.4.3.1.3. *Cálculo*

$$P = 100 (W - D)/D \quad (17)$$

Donde:

P: Porcentaje total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos

D: Masa de la muestra seca en gramos

6.4.3.2. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL PAA

6.4.3.2.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 400.022; Ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino _

Determinación del peso específico y contenido de absorción del PAA; como característica física.

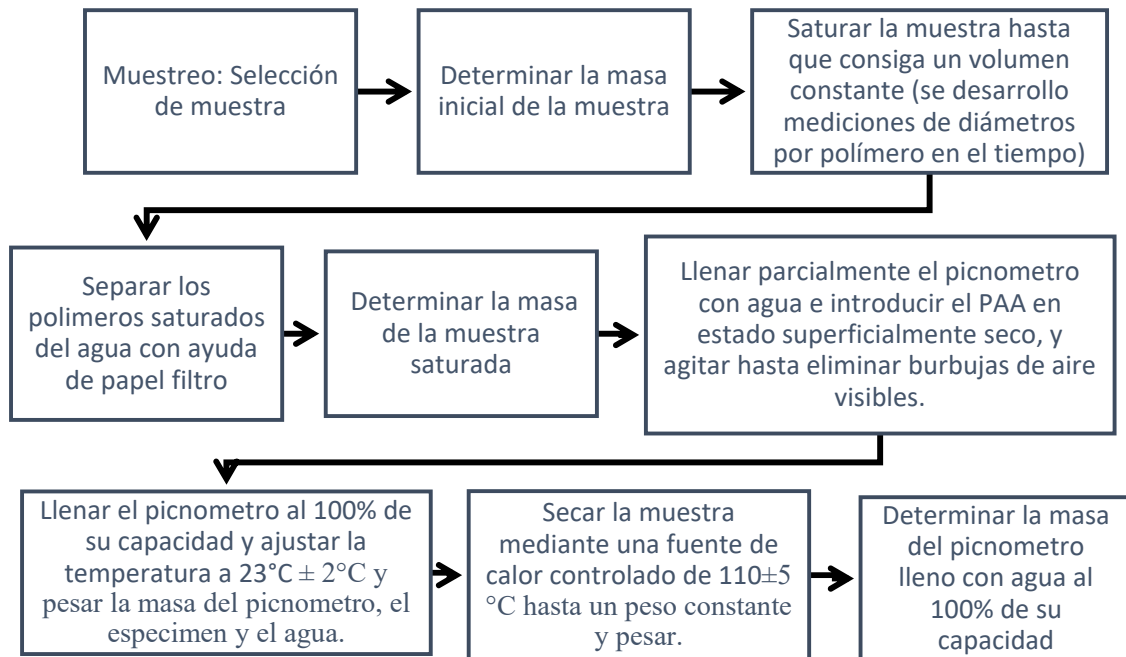
Instrumentos:

- Vernier 300 mm
- Balanza con aproximación de 0.1 g
- Picnómetro para procedimiento gravimétrico
- Horno con temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

6.4.3.2.2. Procedimiento

Figura 31

Procedimiento de la absorción del PAA



Nota. Adaptada de (NTP 400.022, 2013)

6.4.3.2.3. Cálculo

$$A_b = 100 (W - D)/D \quad (18)$$

Donde:

P: Porcentaje total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra saturada en gramos

D: Masa de la muestra a la intemperie en gramos

6.4.3.3. RETENCIÓN DEL PAA

6.4.3.3.1. Objetivo y equipos

Determinación del porcentaje de retención o desorción del PAA; como característica física del PAA

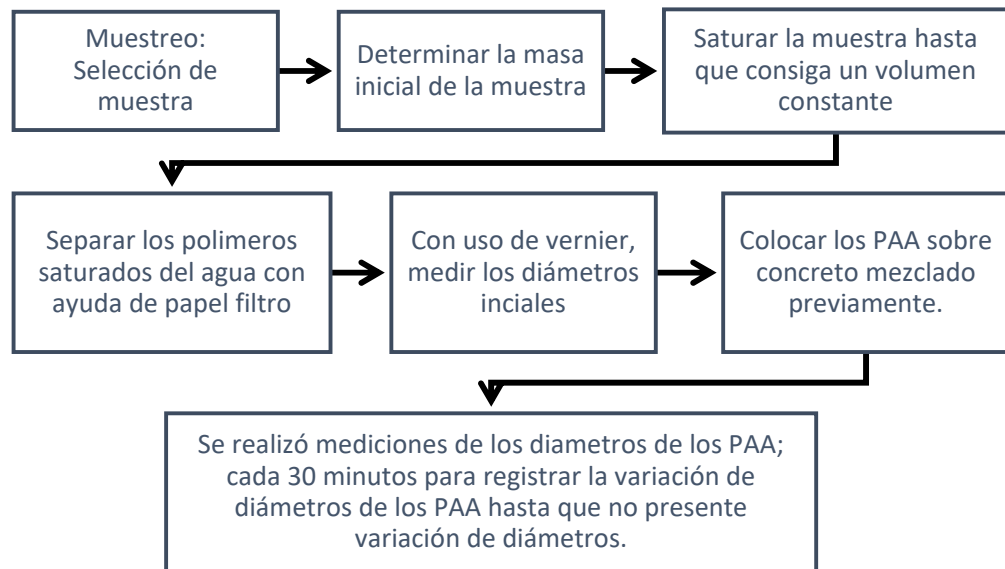
Instrumentos:

- Balanza con aproximación de 0.1% del peso del ensayo
- Vernier 300 mm

6.4.3.3.2. Procedimiento

Figura 32

Procedimiento de la retención del PAA



Nota: Procedimiento para retención de agua del polímero.

6.4.4. YESO-PIEDRA (CAPPING)

6.4.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CAPPING

6.4.4.1.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 334:051; Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Método de ensayo

Determinar la resistencia a la compresión del yeso-piedra (capping); para usar como material de refrendado de testigos cilíndricos de concreto de la norma NTP 339.017.

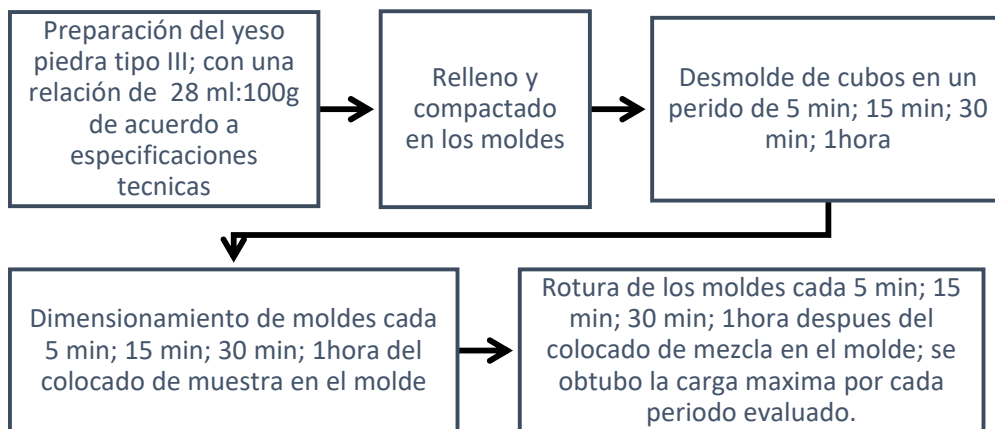
Instrumentos:

- Balanza carga máxima de 2000 g.
- Probeta de vidrio
- Molde para especímenes de 50 mm
- Prensa de concreto

6.4.4.1.2. Procedimiento

Figura 33

Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión del Capping



Nota. Adaptada de (NTP 334.051, 2022)

6.4.4.1.3. Cálculo

$$f_m = P/A \quad (19)$$

Donde:

f_m : Resistencia a la compresión en kg/cm²

P: Carga máxima total en kg

A: Área de la superficie de carga en cm².

6.5. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

6.5.1. ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN (A.C.I. 211.1)

Para determinar las proporciones de los materiales a emplear para elaborar concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ convencional y con adición de PAA (1.5%, 2.5% y 3.5%) se desarrollaron cuatro (04) diseños de mezclas, por su practicidad y fácil comprensión se utilizó el diseño de mezcla según la normativa ACI 211.1, la cual nos proporcionó las cantidades de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y PAA por metro cúbico de concreto.

6.5.2. DISEÑO DE MEZCLA

A continuación, se detalla la secuencia de diseño de mezcla según la metodología del ACI 211.1 para el concreto convencional y concreto con adición de PAA.

A continuación, se detalla la secuencia de diseño de mezcla según la metodología del ACI 211.1 para el concreto convencional y concreto con adición de PAA.

Paso 1: Determinar la resistencia de diseño “ $f'cr$ ”

Se calculará la resistencia de diseño promedio según la Tabla 9.

Tabla 9

Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permiten determinar la desviación estándar

$f'c$	$f'cr$
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f'c$	$f'cr = f'c + 98 \text{ kg/cm}^2$

Nota: Adaptado de la Norma E060 Concreto armado

Paso 2: Selección del asentamiento (SLUMP)

Para la selección del asentamiento se considera los valores recomendados en la Tabla 10

y Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

Tabla 11 que están en función al tipo de construcción que se realizará.

Tabla 10*Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción*

Revenimientos recomendados según el tipo de construcción		
Tipos de Construcción	Revenimiento (pulg.)	
	Máximo*	Mínimo
Zapatatas, muros y cajones de cimentación	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas para edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto masivo	3"	1"

(*) Es necesario aclarar, que el revenimiento máximo, puede incrementarse en 2.5cm, cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado.

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

Tabla 11*Valores recomendados de asentamiento para diversas clases de construcción*

Asentamiento (pulg.)	Consistencia	Grado de trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0" a 1"	Muy seca	Muy bajo	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibración de encofrado.
1" a 1 1/2"	Seca	Bajo	Pavimentos vibrados con maquinaria mecánica.
1 1/2" a 2"	Semi-seca	Bajo	Construcciones masivas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibradores.
2" a 4"	Media	Medio	Losas medianamente reforzadas y pavimentos compactados manualmente. Columnas, vigas, fundaciones y muros con vibración
4" a 6"	Húmedo	Alto	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles.

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

Paso 3: Determinación del tamaño máximo nominal TMN del agregado

Se debe realizar el análisis granulométrico al agregado y se considera e interpreta la Tabla 12 para la determinación del tamaño máximo nominal.

Tamaño máximo; diámetro de tamiz que pasa el 100% del agregado evaluado

Tamaño máximo nominal; diámetro de tamiz que produce el primer retenido de entre 5% y 10% del agregado evaluado

Tabla 12

Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso								
Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasa por los tamices							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8
2"	95 - 100	-	35 - 70	-	10- 30	-	0.5	-
1 1/2"	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10- 30	0.5	-
1"	-	100	95 - 100	-	25 - 60	-	0.1	0.5
3/4"	-	-	100	90 - 100	-	25 - 55	0.1	0.5
1/2"	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0.15	0.5
3/8"	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0.1

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

Paso 4: Determinación del volumen unitario de agua de diseño

Para determinar este valor se considera la Tabla 13, la cual está en función al TMN, asentamiento y la inclusión de aire.

Tabla 13*Volumen unitario de agua*

Asentamiento	Agua en lt/m ³ para los TMN de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1**Paso 5: Determinación del contenido de aire atrapado**

Se estima el contenido de aire según la Tabla 14, la cual está en función del tamaño máximo nominal. Se tiene en cuenta que no se incluirá aire a la mezcla.

Tabla 14*Contenido aire atrapado en concreto, sin aire incluido*

TMN del agregado grueso (pulg.)		Aire atrapado (%)			
(mm)	(pulg.)	Naturalmente atrapado	Exposición ligera	Exposición moderada	Exposición severa
9.5	3/8"	3.0	4.5	6.0	7.5
12.7	1/2"	2.5	4.0	5.5	7.0
19.0	3/4"	2.0	3.5	5.0	6.0
25.4	1"	1.5	3.0	4.5	6.0
38.1	1 1/2"	1.0	2.5	4.5	5.5
50.8	2"	0.5	2.0	4.0	5.0
76.1	3"	0.3	1.5	3.5	4.5
152.0	6"	0.2	1.0	3.0	4.0

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

Paso 6: Selección de la relación agua/cemento (a/c)

Para la obtención del valor de la relación agua/cemento (a/c) se debe utilizar la Tabla 15, la cual está en función a la resistencia de diseño.

Tabla 15

Relación agua/cemento por resistencia.

f'c (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

Paso 7: Determinación del factor cemento (C)

Para calcular el contenido de cemento se debe utilizar la siguiente ecuación, la cual está en función de la cantidad de agua por m³ de concreto y la relación de agua/cemento.

$$C = \frac{A}{(a/c)} \quad (20)$$

Donde:

C = cantidad de cemento (kg/m³)

A = cantidad de agua de mezclado (lt/m³)

a/c = relación agua-cemento, por peso

Paso 8: Determinación de la cantidad de agregado grueso

El paso 3 que dice el ACI 211.1 es que se debe de seleccionar el volumen de agregado grueso para ello se apoyó en la Tabla 16 para obtener este valor, lo cual está en base a su TMN y al módulo de fineza del agregado fino.

Para la determinación del peso del agregado grueso se debe de utilizar la siguiente ecuación que está en base al volumen de agregado grueso obtenido de la Tabla 16 y el peso unitario compactado obtenido en laboratorio en la Tabla 16.

Tabla 16

Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla

Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla (a), por volumen de concreto para diferentes módulos de finura de la arena (b)					
Tamaño máximo nominal del agregado		Módulo de finura de la arena			
mm	pulg	2.40	2.60	2.80	3.00
9.51	3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
12.7	1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	1	0.71	0.69	0.67	0.65
38.1	1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
50.8	2	0.78	0.76	0.74	0.72
76.1	3	0.82	0.80	0.78	0.76
152.0	6	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Adaptado del comité de la Norma ACI 211.1

$$[\text{Peso Ag. Grueso}] = [\text{Vol. Ag. Grueso}] \times [\text{Peso unitario compacto}] \quad (21)$$

Paso 9: Determinar la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado

Se debe de determinar la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado, la cual está en base del peso por m³ de concreto dividido por el valor del peso específico, en caso del aire este valor se divide entre 100 y así obtener este valor con la suma de todos estos componentes con la siguiente ecuación para formar 1 m³ de concreto.

$$\begin{aligned}
 [\text{Vol. 1}] &= [\text{Vol. Cemento}] + [\text{Vol. Agua}] + [\text{Vol. Aire}] \\
 &+ [\text{Vol. Ag. Grueso}] [\text{Peso Ag. Grueso}] \\
 &= [\text{Vol. Ag. Grueso}] \times [\text{Peso unitario compacto}]
 \end{aligned} \quad (22)$$

Paso 10: Determinar el volumen absoluto de agregado fino

Para determinar el volumen del agregado; realizamos la diferencia de 1 m³ con el volumen absoluto obtenido en el paso 09, se utilizará la siguiente ecuación:

$$[\text{Vol. Ag. Fino}] = 1 - [\text{Vol. 1}] \quad (23)$$

Paso 11: Determinar el peso seco del agregado fino

Para determinar el peso seco del agregado fino que está en base al volumen del agregado fino obtenido en el paso 10 multiplicado por el peso específico del agregado fino obtenido en laboratorio para obtener este valor se utilizará la siguiente ecuación:

$$[\text{Peso Ag. Fino}] = [\text{Vol. Ag. Fino}] \times [\text{P. Esp. Ag. Fino}] \quad (24)$$

Paso 12: Determinar los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso

Se realiza la lista de los componentes del concreto en valores de peso por metro cubico; siendo estos:

Cemento (kg/m³) valor obtenido en el Paso 7

Agua de mezclado (lt/m³) valor obtenido en el Paso 4

Agregado fino seco (kg/m³) valor obtenido en el Paso 11

Agregado grueso seco (kg/m³) valor obtenido en el Paso 8

Paso 13: Corregir los valores por humedad del agregado

Ajuste de humedad de agregado grueso y agregado fino, obtenemos los valores con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} [\text{Peso Ag. Fino humedo}] \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) & \\ &= \text{Ag. Fino seco} \times \left(1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{100} \right) \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} [\text{Peso Ag. grueso humedo}] \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) & \\ &= \text{Ag. Grueso seco} \times \left(1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{100} \right) \end{aligned} \quad (26)$$

Paso 14: Ajuste de agua efectiva de mezcla por humedad y absorción de los agregados

Ajuste de agua efectiva por humedad y absorción del agregado grueso y agregado fino, obtenemos los valores con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} & [\text{Corrección por Ag. Fino}](l/m^3) \\ & = [\text{Peso Ag. Fino seco}] * (\text{Cont. de humedad} - \text{Absorción}) \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} & [\text{Corrección por Ag. Grueso}](l/m^3) \\ & = [\text{Peso Ag. Grueso seco}] * (\text{Contenido de humedad} \\ & - \text{Absorción}) \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} & [\text{Agua efectiva}](l/m^3) \\ & = [\text{Agua diseño}] - ([\text{Corrección por Ag. Fino}] \\ & + [\text{Corrección por Ag. Grueso}]) \end{aligned} \quad (29)$$

Paso 15: Componentes del concreto para 1m³, corregido por humedad

Cemento (kg/m³) valor obtenido en el Paso 7

Agua efectiva (lt/m³) valor obtenido en el Paso 14

Agregado fino húmedo (kg/m³) valor obtenido en el Paso 13

Agregado grueso húmedo (kg/m³) valor obtenido en el Paso 13

6.6. ELABORACIÓN DE MUESTRAS (CUBOS, BRIQUETAS Y VIGAS)

6.6.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Para la preparación de moldes de los elementos evaluados se realizó la adquisición de moldes de plástico duro para las briquetas de diámetro de 4" y altura de 8"; seguidamente para la fabricación de vigas de dimensiones de 15 cm x 15 cm x 65 cm y cubos de 15cm de lado; el material utilizado para el encofrado es el fenólico de 18mm, para la unión de los elementos se hizo uso de pernos y angulares; en cuanto a herramientas se hizo uso de taladro, sierra, amoladora, destornilladores y vernier este con el fin de controlar las dimensiones requeridas y mencionadas anteriormente.

6.6.2. PREPARACIÓN DE MOLDES

BRIQUETAS DE CONCRETO

Para la preparación del molde cilíndrico para el vaciado de briquetas; se lubricó la superficie interior por aceite como aditivo desmoldante casero, en casos que se presencié demasiada de este líquido en el interior del molde; se colocó de cabeza para eliminar los excesos y evitar que haya una contaminación del aceite con la mezcla

CUBOS DE CONCRETO

Para la preparación del molde para el vaciado de cubos; se lubricó la superficie interior por aceite como aditivo desmoldante casero, en casos que se presencié demasiada de este líquido en el interior del molde; se colocó de cabeza para eliminar los excesos y evitar que haya una contaminación del aceite con la mezcla.

VIGAS DE CONCRETO

Para la preparación del molde para el vaciado de vigas; se lubricó la superficie interior por aceite como aditivo desmoldante casero, en casos que se presencié demasiada de este líquido en el interior del molde; se colocó de cabeza para eliminar los excesos y evitar que haya una contaminación del aceite con la mezcla.

6.6.3. PROPORCIONAMIENTO Y MEZCLADO DEL CONCRETO

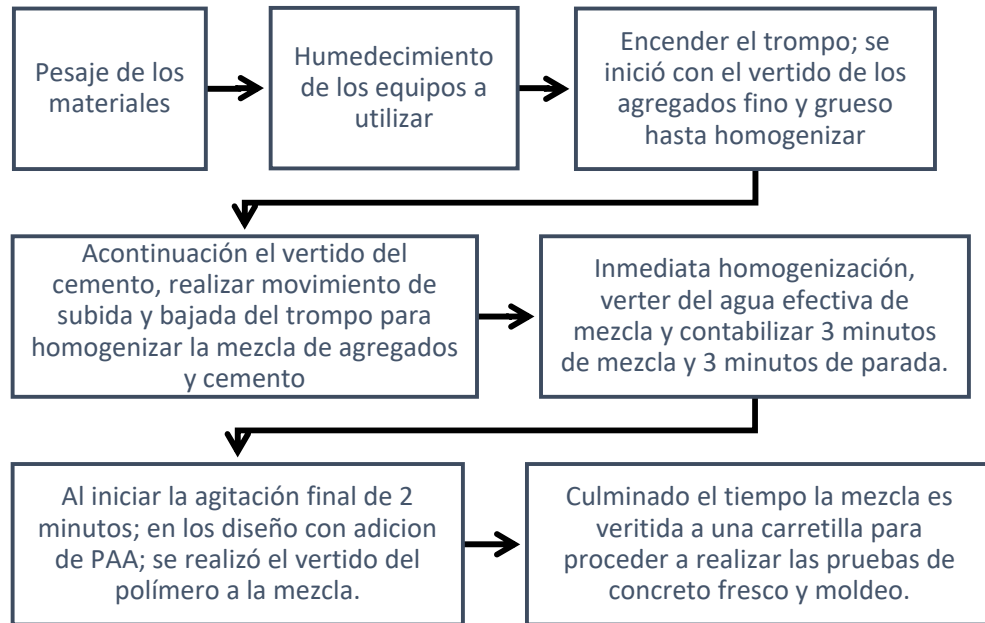
Para realizar el proporcionamiento de los materiales del concreto se realizó el pesaje de cada uno de ellos de acuerdo a las Tabla 50, Tabla 51, Tabla 52 y Tabla 53 donde indica la dosificación del concreto patrón, concreto patrón más adición de 1.5% de PAA del peso del cemento y concreto patrón más adición de 2.5% de PAA del peso del cemento, concreto patrón más adición de 3.5% de PAA del peso del cemento.

El equipo necesario para la preparación y mezclado del concreto se hizo uso de mezcladora, balanza de 30 kg, combo de goma, cucharón, baldes para los agregados y agua; y recipientes para el cemento y el PAA.

6.6.3.1. Procedimiento

Figura 34

Preparación y mezclado del concreto



Nota: Adaptada de (NTP 339.183, 2013)

6.6.4. LLENADO DE LOS MOLDES

BRIQUETAS DE CONCRETO

El moldeo de las briquetas de 100 mm; se realiza el vertido de 2 capas, el método de consolidación fue con la varilla de 10 mm de diámetro usando 25 golpes por capa y después de cada varillada golpear los moldes suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma para liberar vacío profundo por varillado y burbujas de aire atrapadas. El almacenamiento inicial tubo un recubrimiento por tableros alrededor para evitar cambios de temperatura bruscos.

CUBOS DE CONCRETO

El moldeo de los cubos de 150 mm de lado; se realiza el vertido de 2 capas, el método de consolidación fue con la varilla de 10 mm de diámetro usando 32 golpes por capa y después de cada varillada golpear los moldes suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma para liberar vacío profundo por varillado y burbujas de aire atrapadas. El almacenamiento inicial tubo un recubrimiento por tableros alrededor para evitar cambios de temperatura bruscos.

VIGAS DE CONCRETO

El moldeo de las vigas de 150mm x 150mm x 650mm; se realiza el vertido de 2 capas, el método de consolidación fue con la varilla de 16 mm de diámetro usando 69 golpes por capa y después de cada varillada golpear los moldes suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma para liberar vacío profundo por varillado y burbujas de aire atrapadas. El almacenamiento inicial tubo un recubrimiento por tableros alrededor para evitar cambios de temperatura bruscos.

6.6.5. DESMOLDE Y CURADO

Se realizó el desmolde de los elementos vaciados después de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$, después se colocaron en las pozas de curado del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales; siendo este clasificado como curado externo de tipo inmersión. Además, las probetas con adición de PAA desarrollaron el curado interno (por la fuente extra de agua interna) a diferencia del curado externo común en todos los diseños.

6.7. ENSAYOS EN EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

6.7.1. PRUEBA DE REVENIMIENTO

6.7.1.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339.035; Ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

Determinar la variación de asentamiento del concreto patrón y la adición del PAA

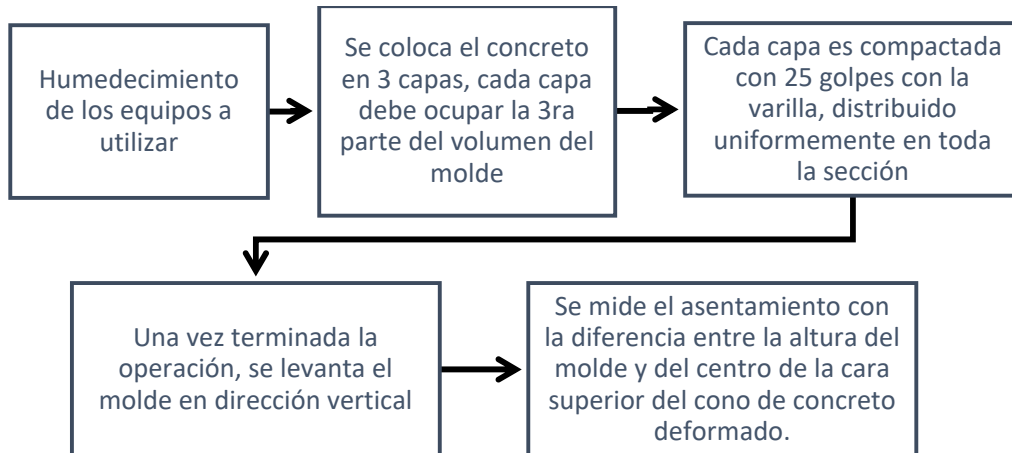
Instrumentos

- Molde cónico (cono de Abrams) y base plana
- Varilla compactadora
- Flexómetro

6.7.1.2. Procedimiento

Figura 35

Procedimiento para el ensayo de revenimiento del concreto



Nota: Adaptada de (NTP 339.035, 2022)

6.7.2. PRUEBA DE TEMPERATURA

6.7.2.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339.184; Ensayo para determinar la temperatura de mezcla de concreto.

Determinar la variación de temperatura del concreto patrón y la adición del PAA

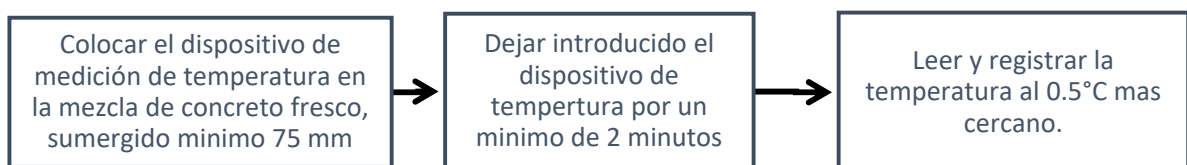
Instrumentos:

- Termómetro

6.7.2.2. Procedimiento

Figura 36

Procedimiento para la prueba de temperatura del concreto fresco



Nota. Adaptada de (NTP 339.184, 2013)

6.7.3. PRUEBA DE CONTENIDO DE AIRE

6.7.3.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339.083; Ensayo para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por método de presión.

Determinar la variación de contenido de aire del concreto patrón y la adición del PAA

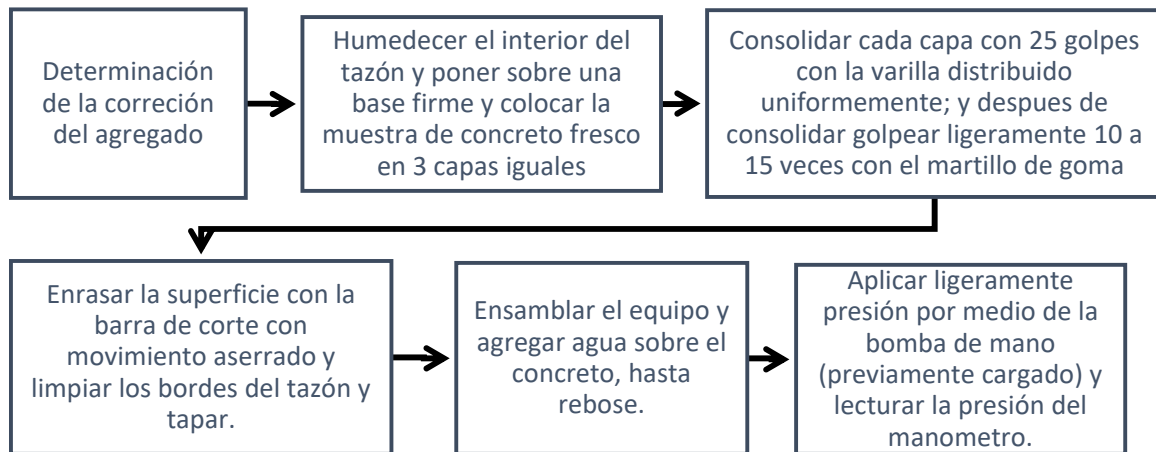
Instrumentos:

- Medidor de aire tipo B
- Varilla de apisonamiento
- Martillo de goma y barra de corte

6.7.3.2. Procedimiento

Figura 37

Procedimiento para la prueba de contenido de aire del concreto fresco



Nota. Adaptada de (NTP 339.083, 2003)

6.8. ENSAYOS A LAS MUESTRAS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

6.8.1. DIMENSIONAMIENTO

6.8.1.1. CUBOS

Se realizó el dimensionamiento de 2 lados medidos en ángulo recto y cerca de cada lado medio de los cubos; cuidando los lados de los cubos. También se controló la perpendicularidad de las briquetas. Para la adquisición de información hicimos uso de vernier, escuadra y nivel.

6.8.1.2. BRIQUETAS

Se realizó el dimensionamiento de 3 diámetros medidos en ángulo recto a la altura media de la probeta; cuidando que los diámetros del mismo cilindro difieran por más de 2%. También se controló la perpendicularidad de las briquetas. Para la adquisición de información hicimos uso de vernier, escuadra y nivel.

6.8.1.3. VIGAS

Se realizó el dimensionamiento de 3 lados en ángulo recto a la altura media de cada lado de la sección transversal de las muestras para su aplicación en el cálculo de rotura para obtener el ancho promedio y la altura promedio; además la ubicación de la línea de fractura de la viga en la sección de falla. Para la adquisición de información hicimos uso de vernier, escuadra y nivel.

6.8.2. DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA, ABSORCIÓN Y VACIOS

6.8.2.1. BRIQUETAS

Para calcular la densidad y densidad relativa del espécimen; se obtiene la masa del espécimen y el volumen (determinado uno aparente con las dimensiones promedio obtenidas anteriormente y uno segundo con el peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua), encontrando una diferencia de volumen aparente y físico; obtendremos el porcentaje de vacíos en concreto endurecido. Y por último al tener un peso inmediato a la extracción del agua siendo este un estado saturado superficialmente seco; culminado los ensayos; procederemos a llevar muestras al horno para obtener el porcentaje de absorción del concreto endurecido. Para la adquisición de información hicimos uso de balanza, banco de gravedad específica (sistema de equilibrio en flotación) y horno.

$$Densidad\ aparente = \frac{W}{V_g} \quad (30)$$

$$Densidad = \frac{W}{V_s} \quad (31)$$

Donde:

W: Masa aparente de la muestra sumergida

V_g : Volumen de la muestra calculado con el diámetro promedio y la longitud promedio

V_s : Volumen pesando el cilindro en el aire y sumergido en agua

$$V_s = \frac{W - W_s}{Y_w} \quad (32)$$

W_s : Masa de la muestra sumergida en agua

Y_w : Densidad del agua a 23° C = 997,5 kg/m³

6.8.3. CAMBIO VOLUMÉTRICO EN MUESTRAS CÚBICAS

Para el cambio volumétrico; del concreto se realizaron los cubos de concreto; estos fueron desmoldados y dimensionado para la primera medida; realizamos medidas diarias a 3 especímenes por cada proporción (diseño patrón, diseño patrón + 1.5% de PAA del peso del cemento; diseño patrón + 2.5% de PAA del peso del cemento y diseño patrón + 3.5% de PAA del peso del cemento). Para la adquisición de información hicimos uso de un armazón metálico con brazos para sujeción de deformímetros electrónicos de precisión 0.01 mm en los ejes x-x, eje y-y y eje z-z.

$$CV = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100 \quad (33)$$

Donde:

CV: Cambio volumétrico (%)

V_i : Volumen inicial en cm^3

V_f : Volumen final en cm^3

6.8.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

6.8.4.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339.034 Determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Determinar la variación de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas concreto patrón y la adición del PAA

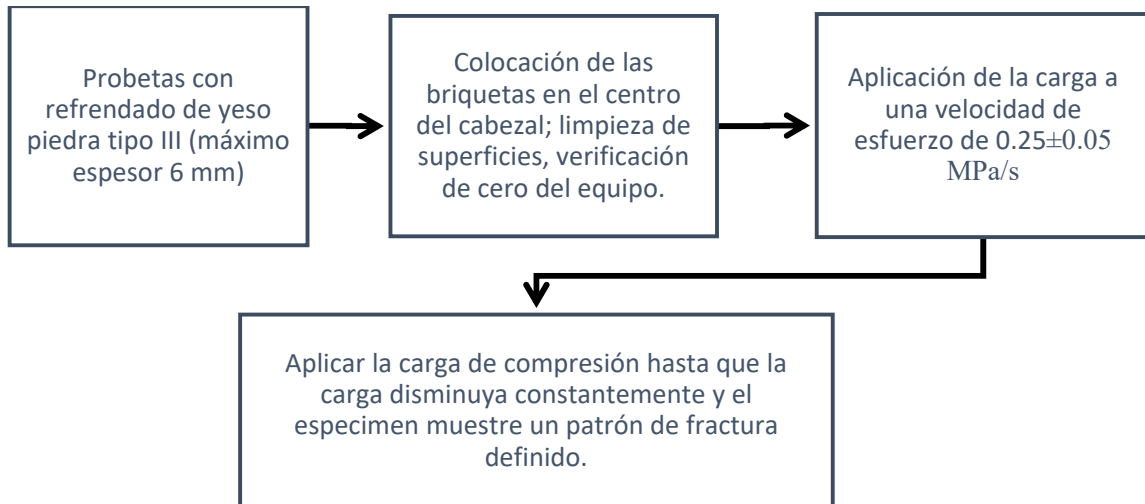
Instrumentos

- Máquina universal Instron 600XD; de capacidad de 60 tn.
- Dos bloques de acero; el primer bloque posee un sistema de rotula para acomodo y el segundo es para asiento.

6.8.4.2. Procedimiento

Figura 38

Procedimiento para el ensayo de resistencia a la compresión



Nota. Adaptada de (NTP 339.034, 2021)

6.8.4.3. Cálculo

$$f_c = P/A \quad (34)$$

Donde:

f_m : Resistencia a la compresión en kg/cm²

P: Carga máxima alcanzada en kg

A: Área promedio de la sección transversal en cm².

6.8.5. **MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON**

6.8.5.1. Normativa, objetivo y equipos

ASTM Designación: C 469 -94 Ensayo para módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto en compresión

Determinar la variación de módulo de elasticidad estático y relación de Poisson a compresión en probetas cilíndricas de concreto patrón y la adición del PAA

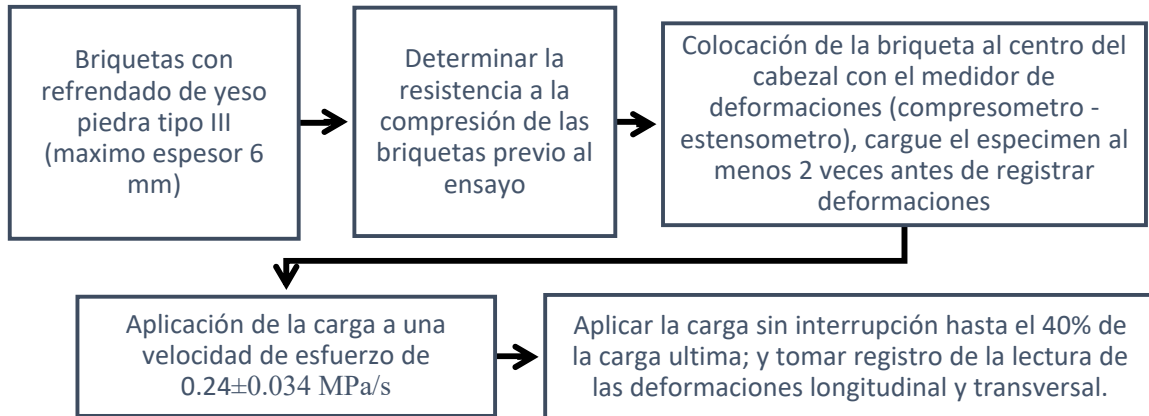
Instrumentos

- Máquina universal Instron 600XD; de capacidad de 60 tn
- Dos bloques de acero; el primer bloque posee un sistema de rotula para acomodo y el segundo es para asiento.
- Compresómetro y extensómetro

6.8.5.2. Procedimiento

Figura 39

Procedimiento del módulo de elasticidad y relación de Poisson a compresión



Nota. Adaptada de (ASTM C469, 2022)

6.8.5.3. Cálculo

Módulo de elasticidad

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.00005) f_c = P/A \quad (35)$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad kg/cm²

S_2 : Resistencia al 40% de la carga ultima en kg/cm²

S_1 : Resistencia a la deformación 5.10×10^{-5} en kg/cm².

ϵ_2 : Deformación unitaria producida por S_2

Relación de Poisson

$$\mu = (\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}) / (\epsilon_2 - 0.00005) \quad (36)$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad kg/cm²

ϵ_{t2} : Deformación transversal a media altura producida por S_2

ϵ_{t1} : Deformación transversal a media altura producida por S_1 .

6.8.6. TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

6.8.6.1. Normativa, objetivo y equipos

ASTM C496-96 Esfuerzo de tensión por partidura en especímenes cilíndricos de concreto

Determinar la variación de esfuerzo de tensión por partidura a compresión en probetas cilíndricas de concreto patrón y la adición del PAA

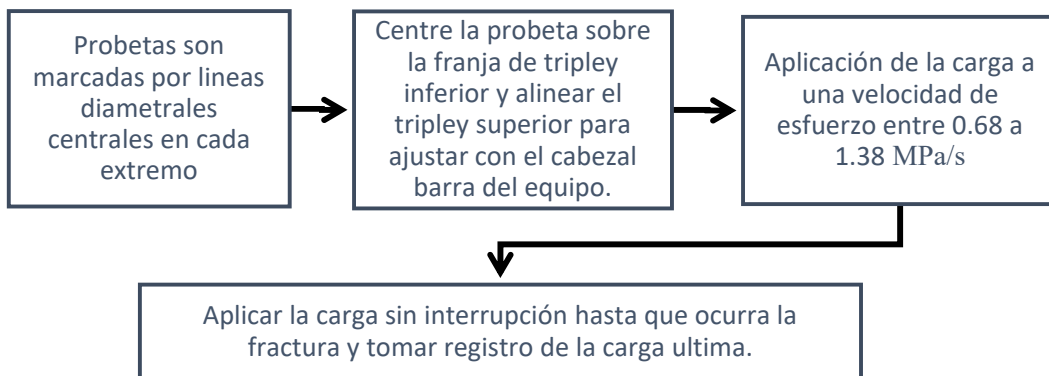
Instrumentos

- Máquina universal Instron 600XD; de capacidad de 60 tn
- Barra de carga; longitud más larga que las briquetas
- Franjas de carga; triplex espesor mínimo 3.2 mm

6.8.6.2. Procedimiento

Figura 40

Procedimiento de la tracción indirecta del concreto



Nota. Adaptada de (ASTM C496, 2017)

6.8.6.3. Cálculo

$$T = 2P/\pi ld \quad (37)$$

Donde:

T : Tracción indirecta kg/cm²

P : Carga máxima en kg

l : Longitud del cilindro en cm.

d : Diámetro del cilindro en cm

6.8.7. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS - MÓDULO DE ROTURA

6.8.7.1. Normativa, objetivo y equipos

NTP 339.078; Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Determinar la variación de módulo de rotura en vigas con carga al tercio central del concreto patrón y la adición del PAA

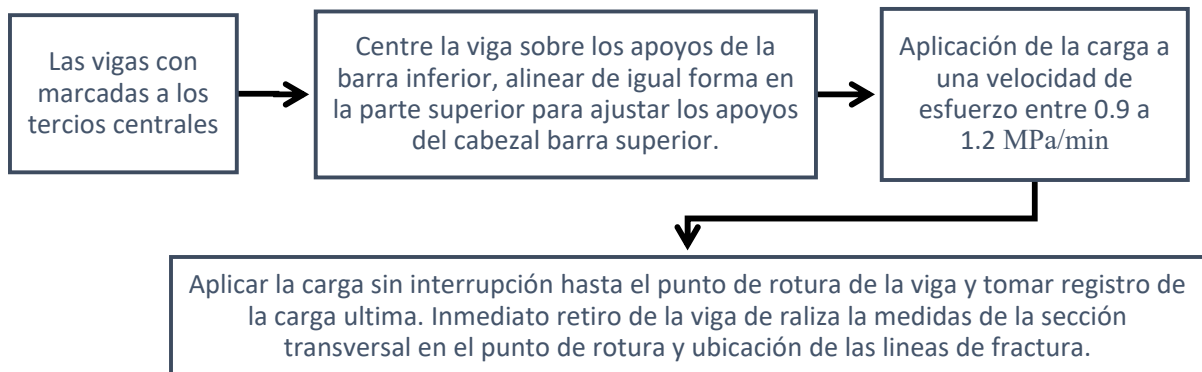
Instrumentos

- Máquina universal Instron 600XD; de capacidad de 60 tn
- Barra de carga con placas de apoyo perpendiculares a la probeta

6.8.7.2. Procedimiento

Figura 41

Procedimiento de la resistencia a la flexión



Nota. Adaptada de (NTP 339.078, 2022)

6.8.7.3. Cálculo

$$R = P.l/bd^2 \quad (38)$$

Donde:

R: Módulo de rotura kg/cm²

P: Carga máxima en kg

l: Longitud libre entre apoyos en cm.

b: Ancho promedio de la muestra en cm

d: Altura promedio de la muestra en cm

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. ENSAYO A LOS POLIMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA)

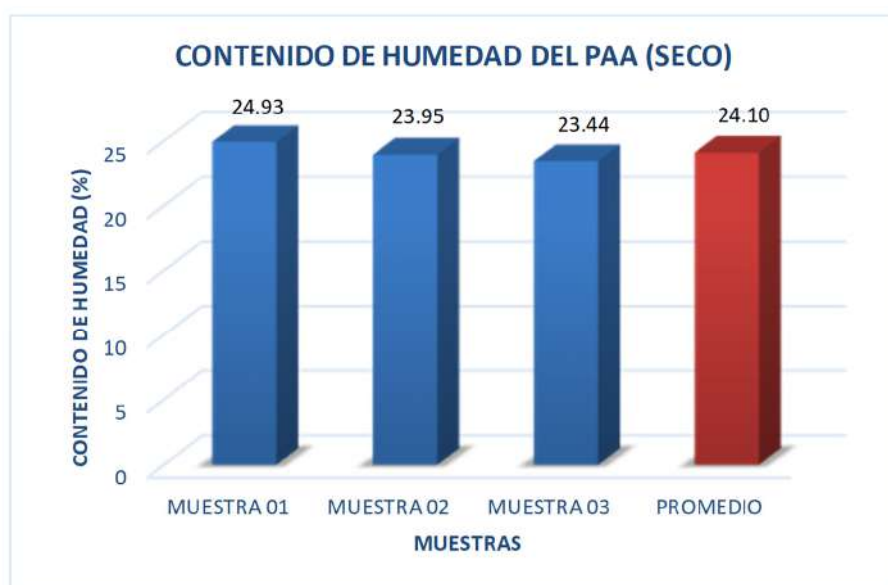
7.1.1. HUMEDAD DEL PAA EN ESTADO SECO

En la Tabla 17 se muestra los resultados del ensayo de humedad de tres (03) muestras de PAA estado natural o seco, se consideró como valor final al promedio de estos.

Tabla 17

Humedad del PAA en estado seco

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL PAA (SECO)			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	66.34	69.94	68.29
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	70.70	74.65	71.45
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	69.83	73.74	70.85
Peso del Agua (gr)	0.87	0.91	0.60
Peso de la Muestra Seca (gr)	3.49	3.80	2.56
Contenido de Humedad	24.93%	23.95%	23.44%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 24.10%

Nota. De las tres (03) muestras ensayadas se utilizó posteriormente al promedio de estas.

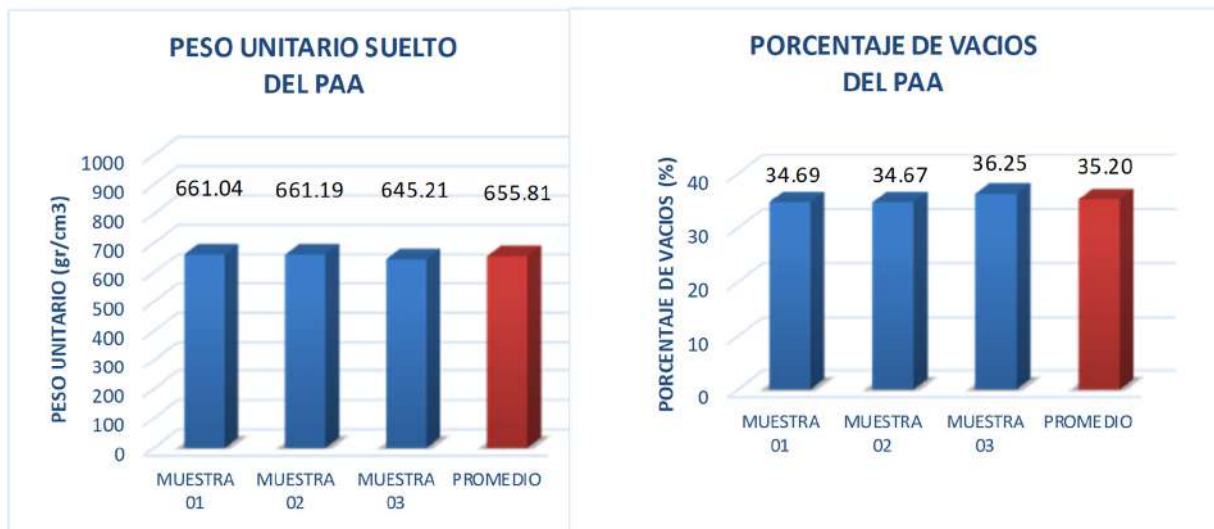
7.1.2. PESO UNITARIO DEL PAA

En la Tabla 19 se muestra los resultados del peso unitario de tres (03) muestras de PAA totalmente hidratados, se consideró como valor final al promedio de estos.

Tabla 18

Peso unitario del PAA

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL PAA			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	101.10	101.10	101.10
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	324.56	324.61	319.21
Peso de la Muestra Suelta (gr)	223.46	223.51	218.11
Peso del Molde + Agua (gr)	439.55	439.55	439.55
Peso de Agua (gr)	338.45	338.45	338.45
Volumen del Molde (cm ³)	338.04	338.04	338.04
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	0.661	0.661	0.645
Peso Específico (kg/m ³)	1012.11	1012.11	1012.11
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	661.04	661.19	645.21
Porcentaje de Vacíos	34.69%	34.67%	36.25%



PESO UNITARIO SUELTO = 655.81 kg/m³

PORCENTAJE DE VACIOS = 35.20%

Nota. De las tres (03) muestras ensayadas se utilizó posteriormente el promedio de estas.

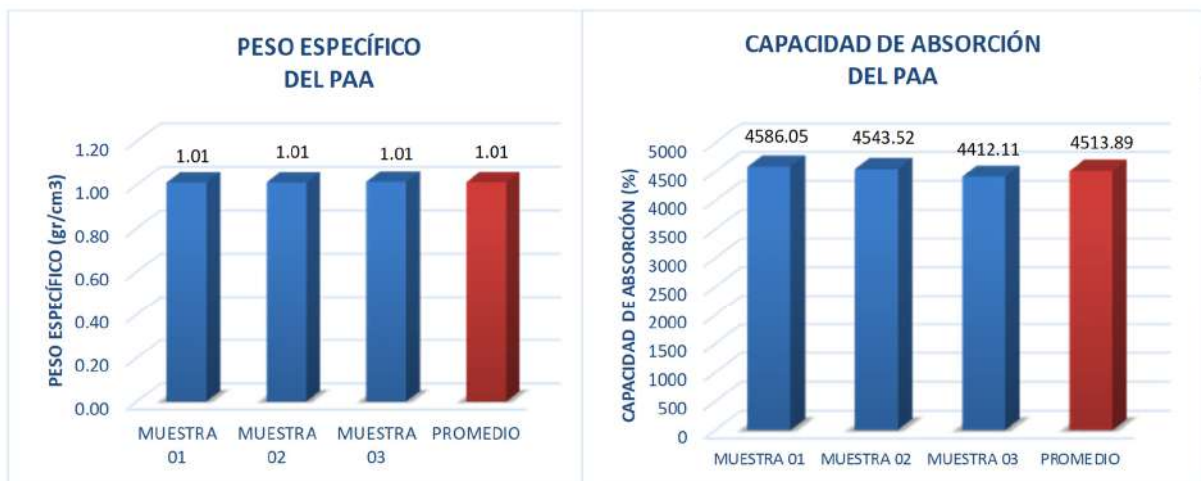
7.1.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL PAA

En la Tabla 19 se muestra los resultados del ensayo de absorción de tres (03) muestras de PAA totalmente hidratados, se consideró como valor final al promedio de estos.

Tabla 19

Peso específico y absorción del PAA

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE PAA			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Volumen del Picnómetro (ml)	500	500	500
Peso del Picnómetro (gr)	454.87	454.87	454.87
Peso de la Muestra Seca (gr)	2.15	2.16	2.23
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	677.58	677.59	677.91
Temperatura del Agua (°C)	23.0	23.0	23.0
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	100.75	100.30	100.62
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	676.49	676.49	676.49
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	1.09	1.10	1.42
Peso del Agua Desplazada (gr)	1.06	1.06	0.81
Peso Específico SSS a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	1.011	1.011	1.014
Factor de corrección por Temperatura	1.00000	1.00000	1.00000
Peso del Agua Absorbida (gr)	98.60	98.14	98.39
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm³)	1.01	1.01	1.01
Absorción	4586.05%	4543.52%	4412.11%



PESO ESPECÍFICO = 1.01 gr/cm³
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN = 4513.89%

Nota. De las tres (03) muestras ensayadas se utilizó posteriormente el promedio de estas.

Así mismo, en las Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22 se registró la variación de volumen y peso de tres (03) muestras M1, M2 y M3 respectivamente que constaban de 15 unidades de PAA, se realizaron cinco (05) mediciones. La primera medición se realizó en estado seco del PAA, luego de ello se sumergió las muestras en agua y se realizaron las siguientes mediciones cada 30 minutos.

Tabla 20

Absorción o hidratación del PAA - MUESTRA 01

ABSORCIÓN O HIDRATACIÓN DEL POLIMERO - M1						
HORA		9.00 a.m.	9.30 a.m.	10.00 a.m.	10.30 a.m.	11.00 a.m.
MEDICIONES DIÁMETRO (mm)						
MUESTRA	Nº	1ra Medición	2da Medición	3ra Medición	4ta Medición	5ta Medición
M1	1	1.80	5.40	6.20	7.10	6.70
	2	1.80	5.60	6.20	6.80	6.70
	3	1.90	4.80	6.30	7.20	6.50
	4	1.90	5.30	6.60	7.20	6.90
	5	1.90	5.60	6.70	6.90	6.90
	6	1.90	5.00	6.50	7.30	6.90
	7	1.90	5.50	6.60	7.00	6.80
	8	1.90	5.80	6.40	7.10	6.80
	9	1.90	5.70	6.50	6.90	6.80
	10	1.80	5.80	6.60	6.90	6.90
	11	1.90	5.40	6.60	7.20	6.90
	12	1.90	5.50	6.70	7.30	6.50
	13	1.90	5.60	6.60	7.20	6.90
	14	1.80	5.60	6.40	7.10	6.90
	15	1.80	5.70	6.50	7.00	6.90
DIÁMETRO PROMEDIO		1.87	5.49	6.49	7.08	6.80
M1	Volumen total (cm3)	0.05	1.30	2.15	2.79	2.47
	Variación de volumen (%)	0%	2439%	4109%	5356%	4734%
	Peso (gr)	0.07	1.5	2.52	2.85	2.60
	Variación de peso (%)	0%	2043%	3500%	3971%	3614%

Nota: Se realizó medidas de 15 diámetros de los polímeros desde su estado seco hasta su hidratación completa en un periodo de 30 min hasta un diámetro constante, obteniendo variación de volumen y peso en el tiempo.

Tabla 21*Absorción o hidratación del PAA - MUESTRA 02*

ABSORCIÓN O HIDRATACIÓN DEL POLIMERO - M2						
HORA		9.10 a.m.	9.40 a.m.	10.10 a.m.	10.40 a.m.	11.10 a.m.
MEDICIONES DIÁMETRO (mm)						
MUESTRA	Nº	1ra Medición	2da Medición	3ra Medición	4ta Medición	5ta Medición
M2	1	1.90	5.70	6.90	7.10	6.90
	2	1.90	5.70	6.80	7.00	6.90
	3	1.90	5.60	6.70	7.10	6.90
	4	1.90	5.50	6.80	7.00	7.10
	5	1.90	5.70	6.60	6.90	6.90
	6	1.90	5.40	6.60	7.20	6.90
	7	1.80	5.80	6.90	7.30	7.00
	8	1.80	5.80	6.90	7.10	7.00
	9	1.90	5.70	6.70	7.00	6.90
	10	1.80	5.60	6.60	7.10	7.10
	11	1.90	5.70	6.60	7.00	7.00
	12	1.90	5.80	6.80	7.20	7.00
	13	1.90	5.80	6.50	7.30	6.80
	14	1.90	5.50	6.50	7.30	6.80
	15	1.80	5.90	6.60	7.10	6.90
	DIÁMETRO PROMEDIO	1.87	5.68	6.70	7.11	6.94
M3	Volumen total (cm3)	0.05	1.44	2.36	2.83	2.63
	Variación de volumen (%)	0%	2687%	4475%	5375%	4984%
	Peso (gr)	0.07	1.49	2.67	2.78	2.70
	Variación de peso (%)	0%	2029%	3714%	3871%	3757%

Nota: Se realizó medidas de 15 diámetros de los polímeros desde su estado seco hasta su hidratación completa en un periodo de 30 min hasta un diámetro constante, obteniendo variación de volumen y peso en el tiempo.

Tabla 22

Absorción o hidratación del PAA - MUESTRA 03

ABSORCIÓN O HIDRATACIÓN DEL POLIMERO - M3						
HORA		9.20 a.m.	9.50 a.m.	10.20 a.m.	10.50 a.m.	11.20 a.m.
MEDICIONES DIÁMETRO (mm)						
MUESTRA	Nº	1ra Medición	2da Medición	3ra Medición	4ta Medición	5ta Medición
M3	1	1.90	5.90	6.90	7.00	6.90
	2	1.90	5.90	6.30	6.90	6.90
	3	1.90	5.40	6.40	6.90	6.80
	4	1.90	5.50	6.70	7.10	6.80
	5	1.90	5.30	6.70	6.90	6.80
	6	1.80	5.60	6.60	6.80	6.80
	7	1.90	5.50	6.60	6.90	6.80
	8	1.90	5.30	6.70	6.80	6.80
	9	1.90	5.80	6.70	7.20	6.80
	10	1.90	5.70	6.60	7.10	6.80
	11	1.90	5.30	6.80	7.20	6.80
	12	1.80	5.60	6.70	7.00	6.80
	13	1.80	5.50	6.80	7.10	6.80
	14	1.80	5.80	6.80	7.00	6.80
	15	1.80	5.40	6.60	6.90	6.80
DIÁMETRO PROMEDIO		1.87	5.57	6.66	6.99	6.81
M3	Volumen total (cm³)	0.05	1.35	2.32	2.68	2.48
	Variación de volumen (%)	0%	2552%	4442%	5143%	4763%
	Peso (gr)	0.07	1.49	2.67	2.78	2.70
	Variación de peso (%)	0%	2029%	3714%	3871%	3757%

Nota: Se realizó medidas de 15 diámetros de los polímeros desde su estado seco hasta su hidratación completa en un periodo de 30 min hasta un diámetro constante, obteniendo variación de volumen y peso en el tiempo.

7.1.4. DESORCIÓN DE AGUA DEL PAA HIDRATADO

En la Tabla 23 se muestra los resultados del ensayo de desorción de una muestra de cuarenta (40) unidades de PAA, la primera medición se realizó en estado completamente saturado y las siguientes en diferentes intervalos de tiempo indicados en la tabla, se consideró como valor final de la desorción del PAA al promedio de cada medición, así mismo se muestra en la Figura

42 la reducción del diámetro de cada unidad de PAA a través del tiempo hasta terminar en su estado natural o seco.

Tabla 23

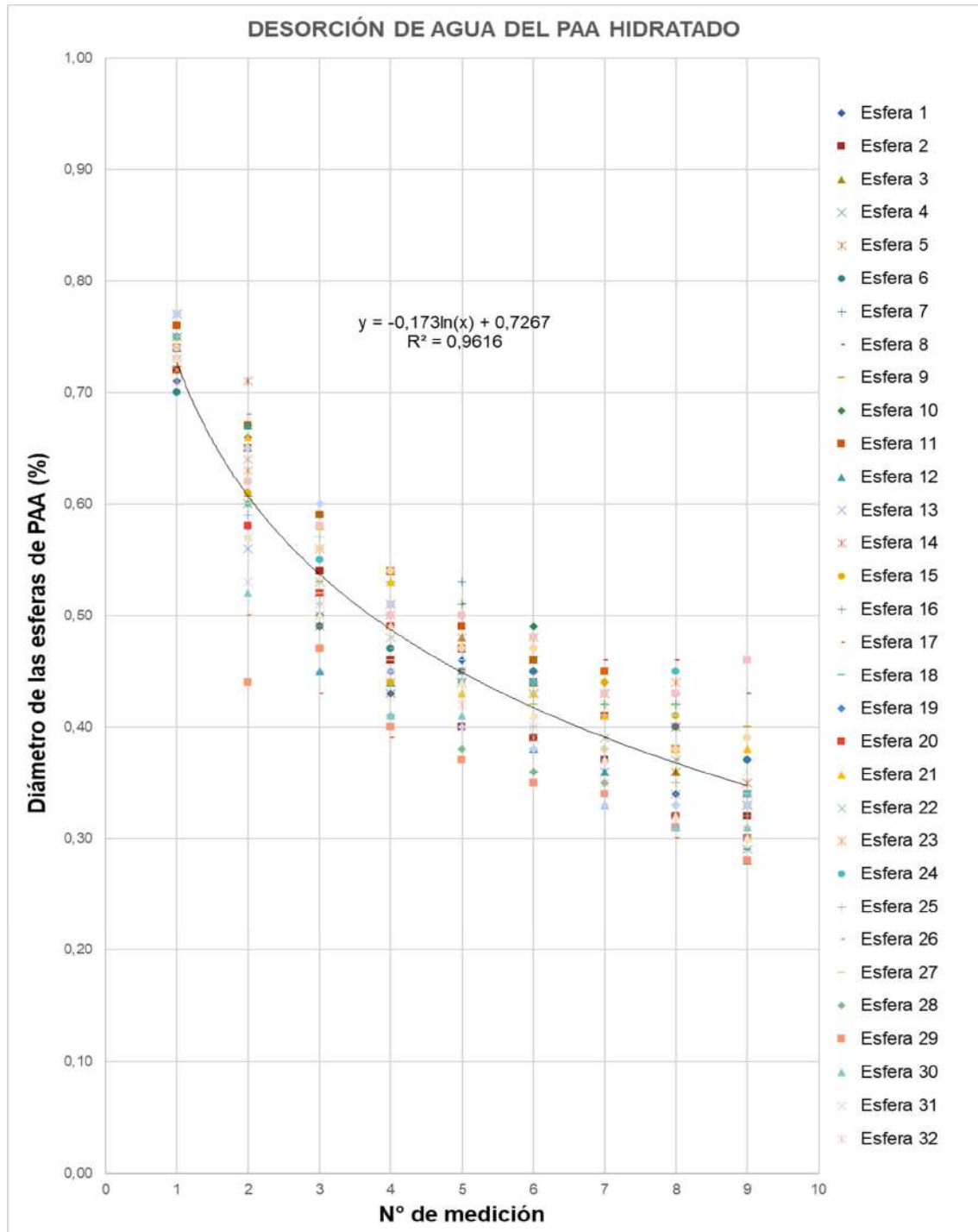
Desorción o retención del PAA

DESORCIÓN DE AGUA DEL PAA HIDRATADO									
	Inicio	+30min	+90min	+100min	+120min	+150min	+180min	+300min	+24hrs
Nº de esfera de PAA	MEDICIONES DIÁMETRO (mm)								
	1ra Medición	2da Medición	3ra Medición	4ta Medición	5ta Medición	6ta Medición	7ma Medición	8va Medición	9na Medición
1	0,74	0,68	0,58	0,54	0,51	0,47	0,46	0,46	0,43
2	0,71	0,66	0,50	0,43	0,46	0,44	0,41	0,34	0,34
3	0,72	0,65	0,54	0,46	0,40	0,39	0,37	0,32	0,32
4	0,75	0,61	0,58	0,54	0,48	0,44	0,41	0,36	0,30
5	0,77	0,64	0,53	0,48	0,44	0,39	0,36	0,34	0,29
6	0,72	0,71	0,52	0,51	0,44	0,43	0,43	0,36	0,34
7	0,70	0,62	0,49	0,47	0,45	0,45	0,43	0,40	0,37
8	0,75	0,60	0,57	0,53	0,53	0,45	0,42	0,42	0,37
9	0,75	0,67	0,53	0,50	0,47	0,42	0,42	0,42	0,40
10	0,75	0,67	0,50	0,51	0,50	0,49	0,44	0,43	0,33
11	0,76	0,67	0,59	0,54	0,49	0,46	0,45	0,43	0,34
12	0,74	0,67	0,45	0,44	0,47	0,38	0,36	0,31	0,28
13	0,75	0,56	0,50	0,44	0,44	0,43	0,43	0,40	0,35
14	0,75	0,60	0,49	0,43	0,45	0,43	0,41	0,40	0,33
15	0,75	0,61	0,52	0,44	0,44	0,44	0,44	0,41	0,34
16	0,71	0,67	0,59	0,54	0,51	0,44	0,42	0,42	0,34
17	0,72	0,50	0,43	0,39	0,37	0,36	0,33	0,30	0,28
18	0,75	0,57	0,49	0,40	0,43	0,38	0,35	0,31	0,29
19	0,73	0,58	0,52	0,45	0,47	0,38	0,37	0,43	0,33
20	0,74	0,58	0,52	0,49	0,47	0,44	0,41	0,38	0,30
21	0,75	0,66	0,58	0,53	0,43	0,43	0,41	0,38	0,38
22	0,73	0,60	0,53	0,43	0,48	0,46	0,39	0,37	0,33
23	0,72	0,63	0,56	0,50	0,48	0,48	0,45	0,44	0,35
24	0,75	0,62	0,55	0,50	0,44	0,44	0,43	0,45	0,34
25	0,77	0,59	0,45	0,41	0,38	0,36	0,34	0,31	0,28
26	0,75	0,68	0,52	0,47	0,44	0,42	0,39	0,37	0,33
27	0,73	0,57	0,52	0,46	0,43	0,40	0,38	0,35	0,31
28	0,73	0,60	0,47	0,41	0,38	0,36	0,35	0,33	0,30
29	0,73	0,44	0,47	0,40	0,37	0,35	0,34	0,31	0,28
30	0,73	0,52	0,50	0,41	0,41	0,41	0,33	0,31	0,31
31	0,74	0,53	0,53	0,50	0,48	0,40	0,34	0,34	0,34
32	0,71	0,64	0,51	0,45	0,42	0,39	0,35	0,32	0,30
33	0,74	0,65	0,56	0,54	0,47	0,47	0,38	0,38	0,39
34	0,75	0,62	0,57	0,49	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32
35	0,75	0,62	0,56	0,48	0,45	0,41	0,37	0,33	0,31
36	0,74	0,60	0,51	0,45	0,46	0,43	0,41	0,41	0,34
37	0,77	0,65	0,60	0,51	0,40	0,38	0,33	0,33	0,33
38	0,73	0,62	0,58	0,50	0,50	0,48	0,43	0,43	0,46
39	0,73	0,57	0,50	0,49	0,44	0,41	0,37	0,32	0,30
40	0,72	0,57	0,53	0,48	0,43	0,43	0,42	0,42	0,36
Promedio	0,74	0,61	0,53	0,47	0,45	0,42	0,39	0,37	0,33
Volumen Promedio (cm3)	1,69	0,96	0,61	0,44	0,38	0,31	0,25	0,22	0,16
Variación de Volumen (%)	0%	-43%	-64%	-74%	-78%	-81%	-85%	-87%	-91%

Nota: Se realizó medidas de 40 diámetros de los polímeros desde su estado hidratado hasta liberar el agua absorbida hasta un periodo de 24 hasta un diámetro constante, obteniendo variación de volumen en el tiempo.

Figura 42

Desorción o retención del PAA



Nota: Representación gráfica del comportamiento de desorción en el tiempo del PAA en contacto con el concreto.

7.2. ENSAYOS A LOS AGREGADOS PÉTREOS

Se detallan los resultados obtenidos de realizar los ensayos correspondientes a los agregados pétreos, como son: determinación del análisis granulométrico, material fino que pasa el tamiz nº200, humedad, peso específico y capacidad de absorción, peso unitario, abrasión.

7.2.1. AGREGADO FINO

Para la presente investigación se realizó el análisis de los agregados fino producido en las canteras de Vicho y Cunyac, y se observó que el tamaño de sus partículas tiende a ser más gruesas y finas respectivamente, por ello se optó por realizar la mezcla de ambos materiales en proporciones de 60% (Vicho) y 40% (Cunyac), con la finalidad de obtener una granulometría que se encuentre dentro del huso granulométrico según la norma ASTM C-136.

7.2.1.1. Principales características físico-mecánicas del agregado fino

A continuación, en la Tabla 24 se resumen los valores de las principales características del presente agregado.

Tabla 24

Características físico-mecánicas del agregado fino

MATERIAL	ENSAYO	RESULTADO
AGREGADO FINO	MÓDULO DE FINEZA	Mf 2.71
	PORCENTAJE DE FINO	% 6.89
	CONTENIDO DE HUMEDAD	% 1.09
	PESO ESPECÍFICO	gr/cm ³ 2.63
	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	% 2.49
	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³ 1647.76
	PESO UNITARIO VARILLADO	kg/m ³ 1797.78

Nota: Valores obtenidos de los diferentes ensayos realizados en Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

7.2.1.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino (60% Vicho y 40% Cunyac)

Se realizó el análisis granulométrico de tres (03) muestras del agregado fino, en las Tabla 25, Tabla 27 Y Tabla 29 se observa que, las curvas se encuentran dentro del huso granulométrico establecido dentro de los parámetros de la norma ASTM C-136 y se obtienen módulos de fineza de 2.71, 2.69 y 2.73 para las muestras M1, M2 y M3 respectivamente, se consideró el promedio de estos valores obteniendo un módulo de fineza MF= 2.71 (Tabla 31), este valor se encuentra dentro del rango de 2.3 y 3.1.

Tabla 25

Análisis granulométrico del agregado fino - MUESTRA 01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - M1							
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27							
Antes del lavado				Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 500.12 gr				Peso de la Muestra Seca = 469.67 gr			
				% de Error en Peso = 0.00%			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
N° 4	4.75	20.80	4.16%	4.16%	95.84%	95%	100%
N° 8	2.36	72.37	14.47%	18.63%	81.37%	80%	100%
N° 16	1.18	71.72	14.34%	32.97%	67.03%	50%	85%
N° 30	0.600	91.05	18.21%	51.18%	48.82%	25%	60%
N° 50	0.300	117.95	23.58%	74.76%	25.24%	5%	30%
N° 100	0.150	71.56	14.31%	89.07%	10.93%	0%	10%
N° 200	0.075	17.48	3.50%	92.56%	7.44%		
Bandeja		6.74	1.35%	93.91%			
Lavado		30.44	6.09%	100.00%			
TOTAL		500.11	100.00%				

Tabla 26

Obtención del módulo de fineza del agregado fino – MUESTRA 01

MÓDULO DE FINEZA - M1	
El Módulo de Fineza recomendable estará entre 2.35 y 3.15	
$MF = \frac{\sum \% \text{ RETENIDO ACUMULADO } (3/8'' + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100}$	
$MF = \frac{(0.00\% + 4.16\% + 18.63\% + 32.97\% + 51.18\% + 74.76\% + 89.07\%)}{100}$	
MÓDULO DE FINEZA = 2.71	

Figura 43

Curva granulométrica del agregado fino – MUESTRA 01

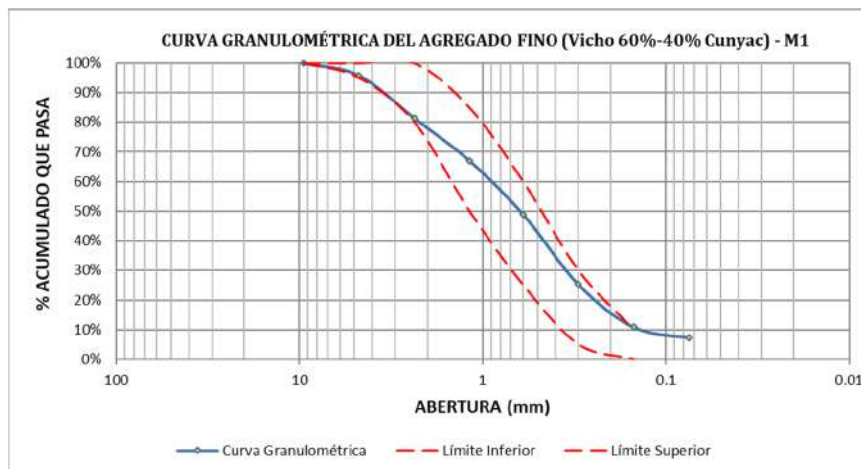


Tabla 27

Análisis granulométrico del agregado fino - MUESTRA 02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - M2							
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27							
Antes del lavado				Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 505.56 gr				Peso de la Muestra Seca = 468.71 gr			
				% de Error en Peso = 0.00%			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
N° 4	4.75	22.80	4.51%	4.51%	95.49%	95%	100%
N° 8	2.36	72.40	14.32%	18.83%	81.17%	80%	100%
N° 16	1.18	71.01	14.05%	32.88%	67.12%	50%	85%
N° 30	0.600	90.61	17.92%	50.80%	49.20%	25%	60%
N° 50	0.300	115.66	22.88%	73.68%	26.32%	5%	30%
N° 100	0.150	71.90	14.22%	87.90%	12.10%	0%	10%
N° 200	0.075	17.39	3.44%	91.34%	8.66%		
Bandeja		6.94	1.37%	92.71%			
Lavado		36.85	7.29%	100.00%			
TOTAL		505.56	100.00%				

Tabla 28

Obtención del módulo de fineza del agregado fino – MUESTRA 02

MÓDULO DE FINEZA - M2	
El Módulo de Fineza recomendable estará entre 2.35 y 3.15	
$MF = \frac{\sum \% \text{ RETENIDO ACUMULADO } (3/8'' + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100}$	
$MF = \frac{(0.00\% + 4.51\% + 18.83\% + 32.88\% + 50.80\% + 73.68\% + 87.90\%)}{100}$	
MÓDULO DE FINEZA = 2.69	

Figura 44

Curva granulométrica del agregado fino – MUESTRA 02

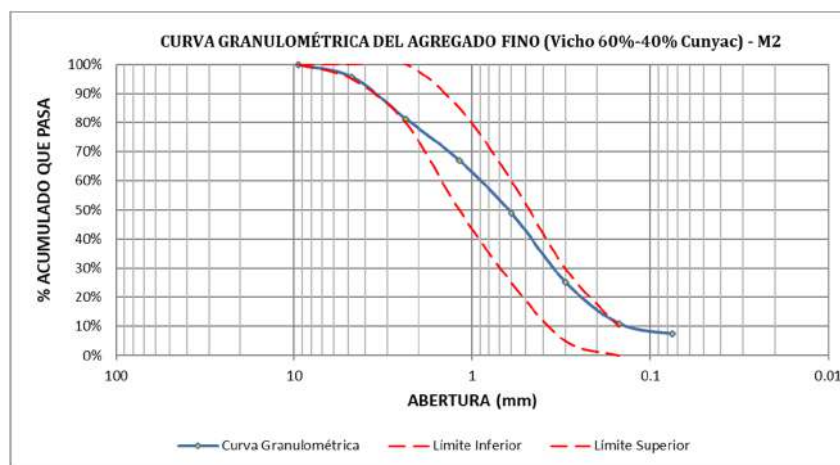


Tabla 29

Análisis granulométrico del agregado fino - MUESTRA 03

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - M3							
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27							
Antes del lavado				Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 500.99 gr				Peso de la Muestra Seca = 464.52 gr			
				% de Error en Peso = 0.00%			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO LÍMITE INFERIOR	HUSO LÍMITE SUPERIOR
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
N° 4	4.75	23.10	4.61%	4.61%	95.39%	95%	100%
N° 8	2.36	72.28	14.43%	19.04%	80.96%	80%	100%
N° 16	1.18	70.80	14.13%	33.17%	66.83%	50%	85%
N° 30	0.600	90.83	18.13%	51.30%	48.70%	25%	60%
N° 50	0.300	122.48	24.45%	75.75%	24.25%	5%	30%
N° 100	0.150	66.24	13.22%	88.97%	11.03%	0%	10%
N° 200	0.075	15.17	3.03%	92.00%	8.00%		
Bandeja		3.62	0.72%	92.72%			
Lavado		36.47	7.28%	100.00%			
TOTAL		500.99	100.00%				

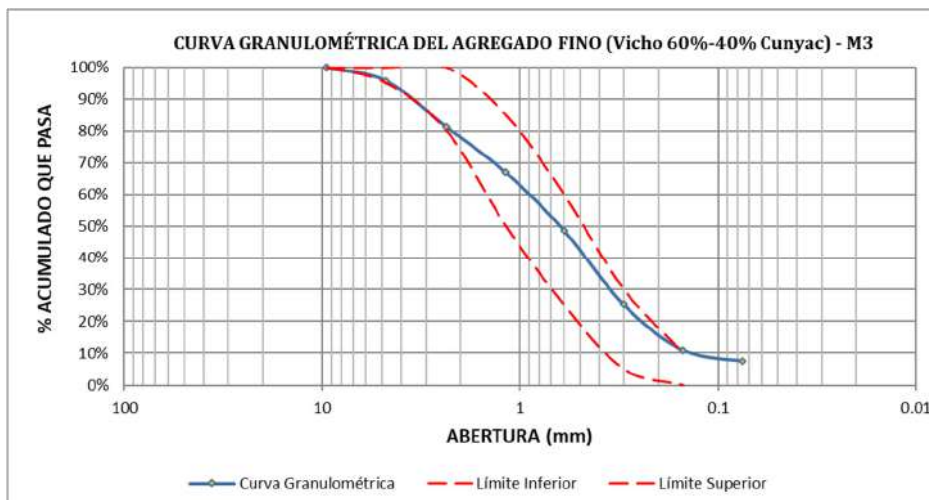
Tabla 30

Obtención del módulo de fineza del agregado fino – MUESTRA 03

MÓDULO DE FINEZA - M3	
El Módulo de Fineza recomendable estará entre 2.35 y 3.15	
$MF = \frac{\sum \% \text{RETENIDO ACUMULADO (3/8" + N° 4 + N° 8 + N° 16 + N° 30 + N° 50 + N° 100)}}{100}$	
$MF = \frac{(0.00\% + 4.61\% + 19.04\% + 33.17\% + 51.30\% + 75.75\% + 88.97\%)}{100}$	
MÓDULO DE FINEZA = 2.73	

Figura 45

Curva granulométrica del agregado fino – MUESTRA 03



Se obtienen los siguientes módulos de fineza de las muestras M1, M2 y M3 y se considera el promedio de estos valores como MF del agregado fino.

Tabla 31

Módulo de fineza del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO			
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27			
MÓDULO DE FINEZA (MF)			
Módulo de Fineza	M1	M2	M3
	2.71	2.69	2.73
PROMEDIO	2.71		

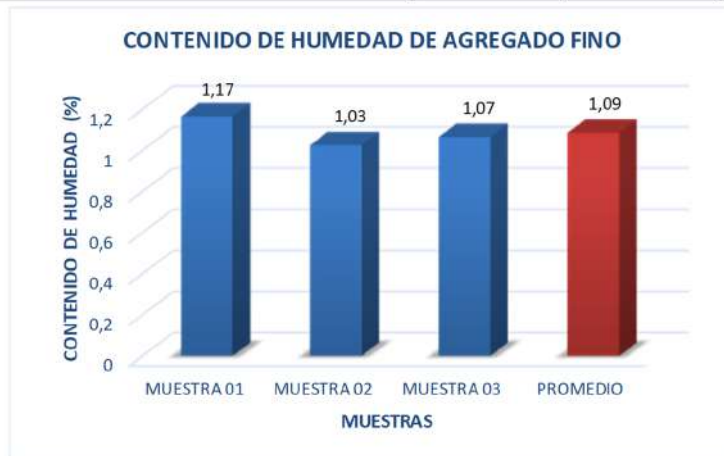
7.2.1.1.2. *Humedad del agregado fino*

La humedad del agregado fino cumple los estándares establecidos por la norma NTP 339.185. En la Tabla 32 se puede apreciar los datos obtenidos del agregado fino para el presente ensayo con los cuales se obtuvo una humedad natural promedio de 1.09%.

Tabla 32

Humedad del agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
MTC E 215, NTP 339.185			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	88,00	90,00	85,00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	669,60	553,20	578,40
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	662,90	548,50	573,20
Peso del Agua (gr)	6,70	4,70	5,20
Peso de la Muestra Seca (gr)	574,90	458,50	488,20
Contenido de Humedad	1,17%	1,03%	1,07%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 1,09%

7.2.1.1.3. *Peso específico y absorción del agregado fino*

El peso específico y absorción del agregado fino cumple los estándares establecidos por la norma NTP 400.022. En la Tabla 33 se puede apreciar los datos obtenidos del agregado fino para el presente ensayo con los cuales se obtuvieron los valores para peso específico y absorción de 2.63 gr/cm³ y 2.49%, respectivamente.

Tabla 33

Peso específico y absorción del agregado fino

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
MTC E 205, NTP 400.022, ASTM C-128, AASHTO T-84			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Volumen del Picnómetro (ml)	500	500	500
Peso del Picnómetro (gr)	454,87	454,87	454,87
Peso de la Muestra Seca (gr)	156,58	185,06	187,99
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	791,10	823,80	757,50
Temperatura del Agua (°C)	23,0	23,0	23,0
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	160,50	189,70	192,62
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	692,30	706,00	637,50
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	98,80	117,80	120,00
Peso del Agua Desplazada (gr)	57,78	67,26	67,99
Peso Específico SSS a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	2,601	2,638	2,65
Factor de corrección por Temperatura	1,0000000	1,0000000	1,0000000
Peso del Agua Absorbida (gr)	3,92	4,64	4,63
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm³)	2,60	2,64	2,65
Absorción	2,50%	2,51%	2,46%



PESO ESPECÍFICO = 2,63 gr/cm³
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN = 2,49%

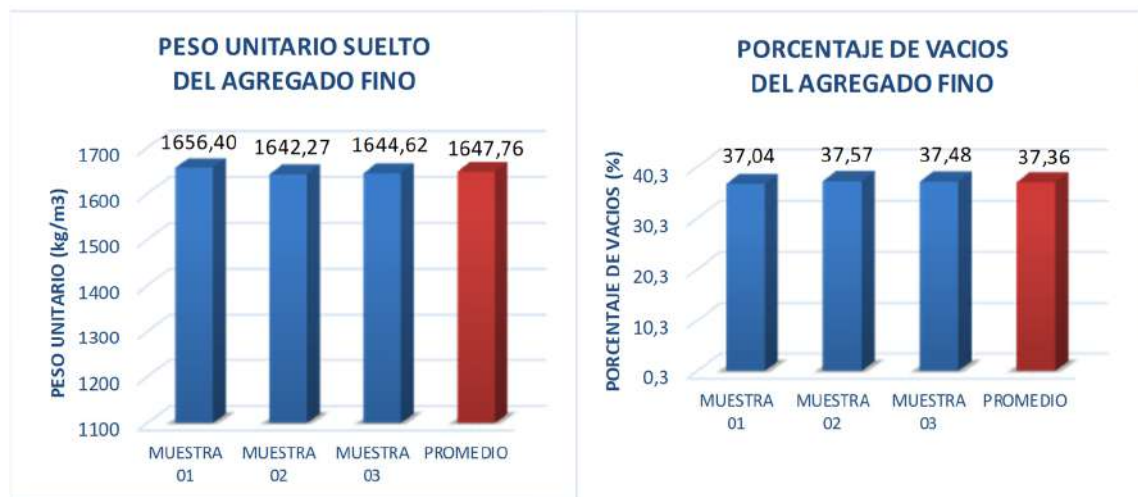
7.2.1.1.4. *Peso unitario y vacíos del agregado fino*

El peso unitario y vacíos del agregado fino cumple los estándares establecidos por la norma NTP 400.017. En las Tabla 34 y Tabla 35 se pueden apreciar los datos obtenidos del agregado fino para el presente ensayo con los cuales se obtuvieron los valores para peso unitario suelto y porcentaje de vacíos de 1647.76 kg/cm² y 37.36% respectivamente, y peso unitario compactado y porcentaje de vacíos de 1797.78 kg/cm² y 32.68% respectivamente.

Tabla 34

Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C-29			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	6450,00	6450,00	6450,00
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	9965,00	9935,00	9940,00
Peso de la Muestra Suelta (gr)	3515,00	3485,00	3490,00
Altura del Molde (cm)	11,63	11,63	11,63
Diámetro del Molde (cm)	15,24	15,24	15,24
Volumen del Molde (cm ³)	2122,07	2122,07	2122,07
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1,656	1,642	1,645
Peso Específico (kg/m ³)	2630,71	2630,71	2630,71
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1656,40	1642,27	1644,62
Porcentaje de Vacios	37,04%	37,57%	37,48%



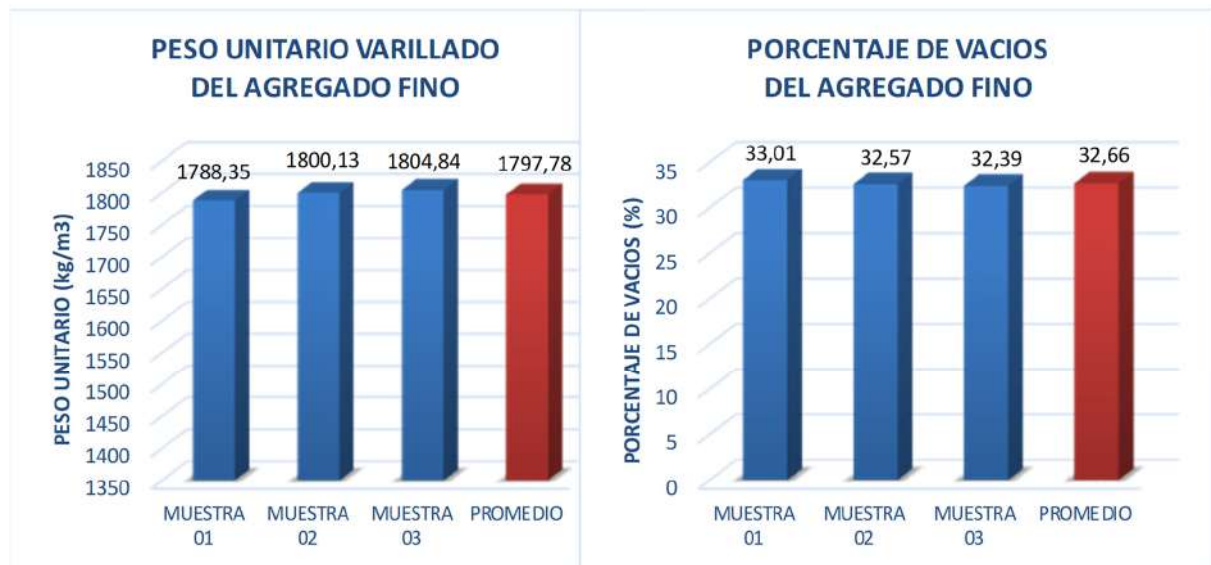
PESO UNITARIO SUELTO = 1647,76 kg/m³

PORCENTAJE DE VACIOS = 37,36%

Tabla 35

Peso unitario compactado y vacíos del agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C-29			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes	25	25	25
Peso del Molde (gr)	6450,00	6450,00	6450,00
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	10245,00	10270,00	10280,00
Peso de la Muestra Varillada (gr)	3795,00	3820,00	3830,00
Altura del Molde (cm)	11,6332	11,6332	11,6332
Diámetro del Molde (cm)	15,24	15,24	15,24
Volumen del Molde (cm ³)	2122,07	2122,07	2122,07
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1,788	1,800	1,805
Peso Específico (kg/m ³)	2669,54	2669,54	2669,54
Peso Unitario Varillado (kg/m³)	1788,35	1800,13	1804,84
Porcentaje de Vacíos	33,01%	32,57%	32,39%



PESO UNITARIO VARILLADO = 1797,78 kg/m³
PORCENTAJE DE VACIOS = 32,66%

7.2.2. AGREGADO GRUESO

Para la presente investigación se realizó el análisis del agregado grueso (piedra chancada) producido en la cantera de Vicho, sus partículas presentan un tamaño máximo absoluto de 1” y tamaño máximo nominal de ¾”, la granulometría de este árido se encuentra dentro del huso granulométrico según la Norma ASTM C-136.

7.2.2.1. Principales características físico-mecánicas del agregado grueso

A continuación, en la Tabla 36 se resumen los valores de las principales características del presente agregado.

Tabla 36

Características físico-mecánicas del agregado grueso

MATERIAL	ENSAYO	UND	RESULTADO
AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINEZA	Mf	7.05
	PORCENTAJE DE FINO	%	0.03
	HUMEDAD	%	0.58
	PESO ESPECÍFICO	gr/cm ³	2.67
	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	1.59
	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1430.34
	PESO UNITARIO VARILLADO	kg/m ³	1561.01
	ABRASIÓN LOS ÁNGELES	%	30.08

Nota: Valores obtenidos de los diferentes ensayos realizados en Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

7.2.2.1.1. Análisis granulométrico del agregado grueso

Se realizó el análisis granulométrico de tres (03) muestras del agregado grueso, en la Tabla 37, Tabla 39 y Tabla 41 se observa que, las curvas se encuentran dentro del huso granulométrico establecido dentro de los parámetros de la norma ASTM C-136 y se obtiene el mismo módulo de fineza para las muestras M1, M2 y M3 respectivamente, se consideró un módulo de fineza de MF.=7.05 (Tabla 43), este valor se encuentra dentro de los límites establecidos.

Tabla 37

Análisis granulométrico del agregado grueso - MUESTRA 01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - M1							
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27							
Antes del lavado				Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 3164.45 gr				Peso de la Muestra Seca = 3163.50 gr			
				% de Error en Peso = 0.00%			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
3½"	90	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
2½"	63	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
¾"	19	248.80	7.86%	7.86%	92.14%	90.00%	100%
½"	12.5	2080.20	65.76%	73.62%	26.38%	20.00%	55%
3/8"	9.5	758.50	23.98%	97.60%	2.40%	0.00%	15%
N° 4	4.75	75.10	2.37%	99.97%	0.03%	0.00%	5%
N° 8	2.36	0.00	0.00%	99.97%	0.03%		
N° 16	1.18	0.00	0.00%	99.97%	0.03%		
N° 50	0.30	0.00	0.00%	99.97%	0.03%		
Bandeja		0.90	0.03%	100.00%			
TOTAL		3163.50	100.00%				

Tabla 38

Obtención del módulo de fineza del agregado grueso – MUESTRA 01

$$\begin{aligned}
 & \text{MÓDULO DE FINEZA- M1} \\
 MF &= \frac{\sum \% \text{RETENIDO ACUMULADO} \left(3", 1\frac{1}{2}", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100 \right)}{100} \\
 MF &= \frac{(0.00\% + 0.00\% + 7.86\% + 97.57\% + 99.94\% + 99.94\% + 99.94\% + 99.94\% + 99.94\% + 99.96\%)}{100} \\
 & \text{MÓDULO DE FINEZA} = 7.05
 \end{aligned}$$

Figura 46

Curva granulométrica del agregado grueso – MUESTRA 01

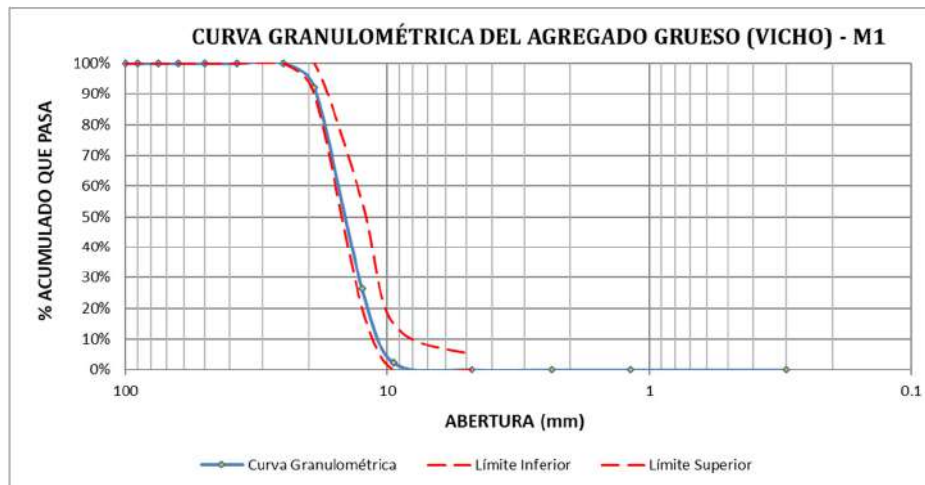


Tabla 39

Análisis granulométrico del agregado grueso - MUESTRA 02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - M2							
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27							
Antes del lavado				Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 3103.04 gr				Peso de la Muestra Seca = 3101.80 gr			
				% de Error en Peso = 0.00%			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
3½"	90	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
2½"	63	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
¾"	19	293.90	9.48%	9.48%	90.52%	90.00%	100%
½"	12.5	1695.10	54.65%	64.12%	35.88%	20.00%	55%
3/8"	9.5	978.90	31.56%	95.68%	4.32%	0.00%	15%
N° 4	4.75	132.80	4.28%	99.96%	0.04%	0.00%	5%
N° 8	2.36	0.00	0.00%	99.96%	0.04%		
N° 16	1.18	0.00	0.00%	99.96%	0.04%		
N° 50	0.30	0.00	0.00%	99.96%	0.04%		
Bandeja		1.10	0.04%	100.00%			
TOTAL		3101.80	100.00%				

Tabla 40

Obtención del módulo de fineza del agregado grueso – MUESTRA 02

$$MF = \frac{\sum \% \text{RETENIDO ACUMULADO} \left(3", 1\frac{1}{2}", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100 \right)}{100}$$

$$MF = \frac{(0.00\% + 0.00\% + 9.47\% + 95.64\% + 99.92\% + 99.92\% + 99.92\% + 99.92\% + 99.92\% + 99.95\%)}{100}$$

$$\text{MÓDULO DE FINEZA} = 7.05$$

Figura 47

Curva granulométrica del agregado grueso – MUESTRA 02

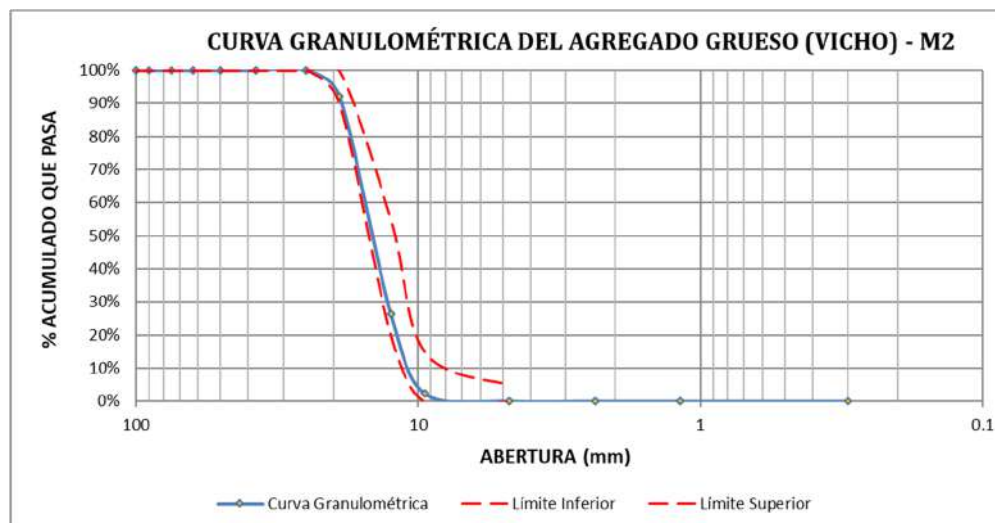


Tabla 41

Análisis granulométrico del agregado grueso - MUESTRA 03

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - M3							
Antes del lavado				Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 3382.61 gr				Peso de la Muestra Seca = 3381.60 gr			
				% de Error en Peso = 0.00%			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
3½"	90	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
2½"	63	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100%
¾"	19	277.60	8.21%	8.21%	91.79%	90.00%	100%
½"	12.5	2221.00	65.68%	73.89%	26.11%	20.00%	55%
3/8"	9.5	783.90	23.18%	97.07%	2.93%	0.00%	15%
N° 4	4.75	97.90	2.90%	99.96%	0.04%	0.00%	5%
N° 8	2.36	0.00	0.00%	99.96%	0.04%		
N° 16	1.18	0.00	0.00%	99.96%	0.04%		
N° 50	0.30	0.00	0.00%	99.96%	0.04%		
Bandeja		1.20	0.04%	100.00%			
TOTAL		3381.60	100.00%				

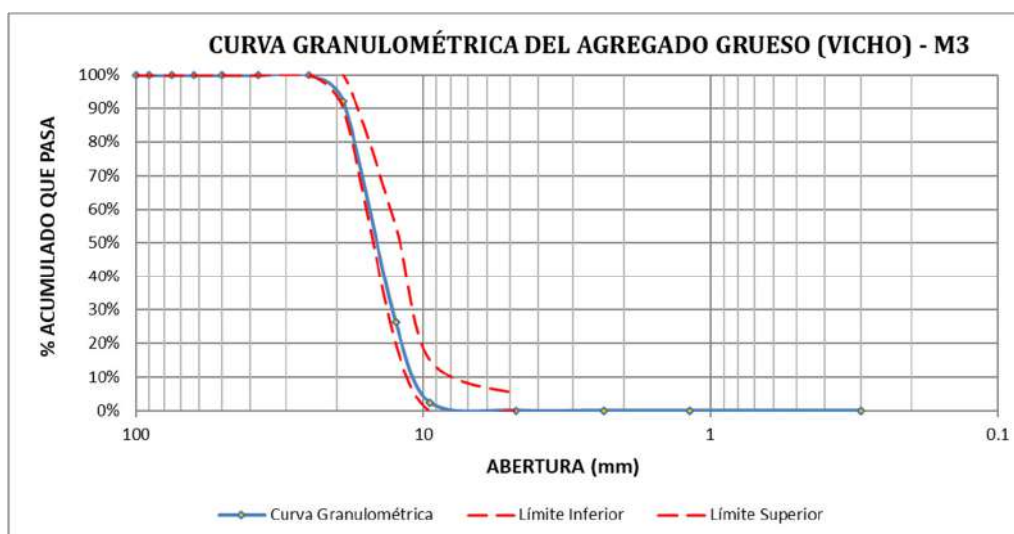
Tabla 42

Obtención del módulo de fineza del agregado grueso – MUESTRA 03

MÓDULO DE FINEZA - M3	
MF =	$\frac{\sum \% \text{RETENIDO ACUMULADO} (3", 1\frac{1}{2}", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100)}{100}$
MF =	$\frac{(0.00\%+0.00\%+8.21\%+97.04\%+99.93\%+99.93\%+99.93\%+99.93\%+99.93\%+99.96\%)}{100}$
MÓDULO DE FINEZA = 7.05	

Figura 48

Curva granulométrica del agregado grueso – MUESTRA 03



Se obtienen los siguientes módulos de fineza de las muestras M1, M2 y M3 y se considera el promedio de estos valores como MF del agregado grueso.

Tabla 43

Módulo de fineza del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO			
MTC E 204, NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27			
MÓDULO DE FINEZA			
Módulo de Fineza	M1	M2	M3
	7.05	7.05	7.05
PROMEDIO	7.05		

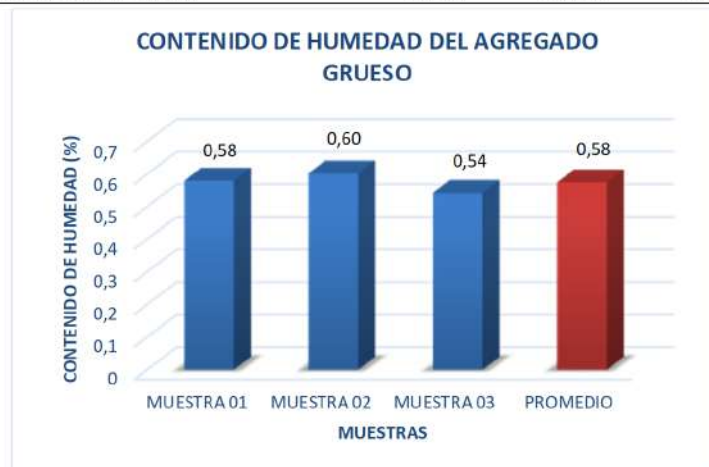
7.2.2.1.2. *Humedad del agregado grueso*

La humedad del agregado grueso cumple los estándares establecidos por la norma NTP 339.185. En la Tabla 44 se puede apreciar los datos obtenidos del agregado grueso para el presente ensayo con los cuales se obtuvo una humedad natural promedio de 0.58%.

Tabla 44

Humedad del agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
MTC E 215, NTP 339.185			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	91,00	86,00	87,00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	593,80	603,70	642,70
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	590,90	600,60	639,70
Peso del Agua (gr)	2,90	3,10	3,00
Peso de la Muestra Seca (gr)	499,90	514,60	552,70
Contenido de Humedad	0,58%	0,60%	0,54%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 0,58%

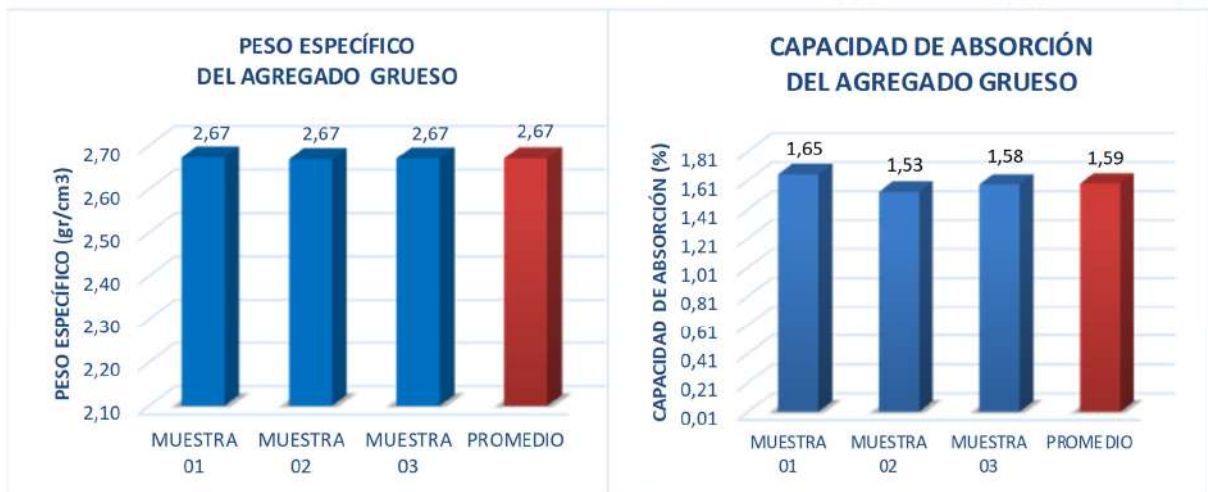
7.2.2.1.3. *Peso específico y absorción del agregado grueso*

El peso específico y absorción del agregado grueso cumple los estándares establecidos por la norma NTP 400.021. En la Tabla 45 se puede apreciar los datos obtenidos del agregado grueso para el presente ensayo con los cuales se obtuvieron los valores para peso específico y absorción de 2.67 gr/cm³ y 1.59%, respectivamente.

Tabla 45

Peso específico y absorción del agregado grueso

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
MTC E 206, NTP 400.021, ASTM C-127, AASHTO T-85			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de la Muestra Seca (gr)	4169,97	4244,65	3982,4
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	4238,9	4309,64	4045,4
Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	2651,70	2693,80	2529,50
Peso Específico de masa (gr/cm ³)	2,63	2,63	2,63
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm ³)	2,67	2,67	2,67
Peso Específico Aparente (gr/cm ³)	2,75	2,74	2,74
Absorción	1,65%	1,53%	1,58%
Temperatura del Agua (°C)	16,7	16,7	16,7
Factor de corrección por temperatura	1,0006221	1,0006221	1,0006221
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm³)	2,672	2,669	2,670



PESO ESPECÍFICO DE GRAVAS = 2,67 gr/cm³

ABSORCIÓN = 1,59 %

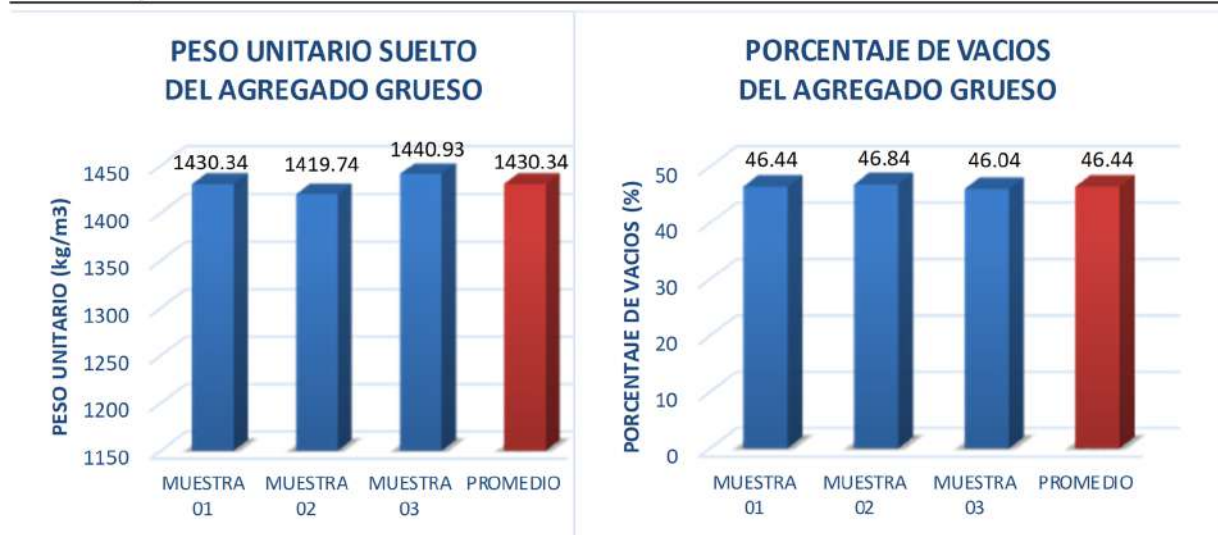
7.2.2.1.4. *Peso unitario y vacíos del agregado grueso*

El peso unitario y vacíos del agregado grueso cumple los estándares establecidos por la norma NTP 400.017. En las Tabla 46 y Tabla 47 se pueden apreciar los datos obtenidos del agregado grueso para el presente ensayo con los cuales se obtuvieron los valores para peso unitario suelto y porcentaje de vacíos de 1430.34 kg/cm² y 46.44% respectivamente, y peso unitario compactado y porcentaje de vacíos de 1561.01 kg/cm² y 41.55% respectivamente.

Tabla 46

Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C-29			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	5000.00	5000.00	5000.00
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	18500.00	18400.00	18600.00
Peso de la Muestra Suelta (gr)	13500.00	13400.00	13600.00
Altura del Molde (cm)	28	28	28
Diámetro del Molde (cm)	20.72	20.72	20.72
Volumen del Molde (cm ³)	9438.33	9438.33	9438.33
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.430	1.420	1.441
Peso Específico (kg/m ³)	2670.47	2670.47	2670.47
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1430.34	1419.74	1440.93
Porcentaje de Vacios	46.44%	46.84%	46.04%



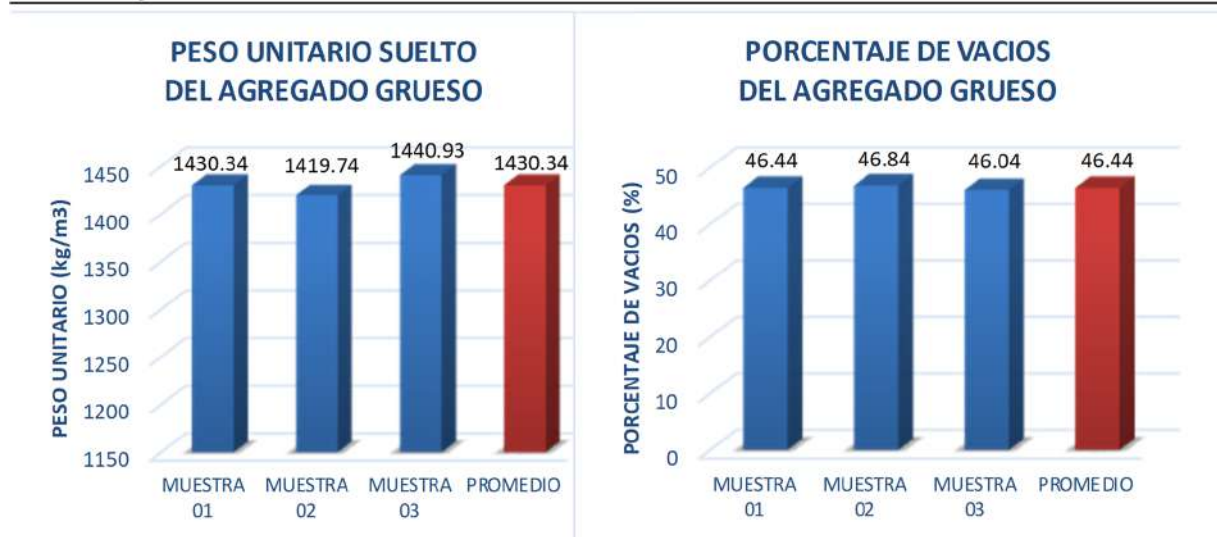
PESO UNITARIO SUELTO = 1430.34 kg/m³

PORCENTAJE DE VACIOS = 46.44%

Tabla 47

Peso unitario compactado y vacíos del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO			
MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C-29			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	5000.00	5000.00	5000.00
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	18500.00	18400.00	18600.00
Peso de la Muestra Suelta (gr)	13500.00	13400.00	13600.00
Altura del Molde (cm)	28	28	28
Diámetro del Molde (cm)	20.72	20.72	20.72
Volumen del Molde (cm ³)	9438.33	9438.33	9438.33
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.430	1.420	1.441
Peso Específico (kg/m ³)	2670.47	2670.47	2670.47
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1430.34	1419.74	1440.93
Porcentaje de Vacíos	46.44%	46.84%	46.04%



PESO UNITARIO SUELTO = 1430.34 kg/m³

PORCENTAJE DE VACIOS = 46.44%

7.2.2.1.5. Abrasión los ángulos al desgaste del agregado grueso

La abrasión los ángulos al desgaste del agregado grueso obtenido cumple los estándares establecidos por la norma NTP 400.019. En la Tabla 48 se puede apreciar los datos obtenidos durante el presente ensayo al agregado grueso con los cuales se obtuvo una abrasión de 30.08%, dicho valor se encuentra dentro de los estándares establecidos.

Tabla 48

Abrasión los ángeles al desgaste del agregado grueso

ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5mm (1 1/2") MTC E 207, NTP 400.019					
Tamaño Máximo Nominal:		3/4"			
Nº de esferas:		12			
Gradación:		A			
ID	DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
A	Peso total de la muestra seca antes del ensayo (g)	5000,68	5000,10	5000,05	PROMEDIO
B	Peso de la muestra despues del ensayo (g)	3492,03	3486,00	3511,00	
C	Peso que pasa el tamiz N°12 (g)	1508,65	1514,10	1489,05	
D	Desgaste a la Abrasión Los Ángeles D (%) = C*100 / A	30,17%	30,28%	29,78%	30,08%



% Desgaste a la Abrasión = 30,08%
 < 50% Ok!

7.3. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO (Método ACI 211.1)

En este ítem se detalla paso a paso los resultados del desarrollo del diseño de mezcla y las proporciones de los materiales integrantes de la mezcla de concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y de aquellas con adición de PAA, el diseño de mezcla de concreto utilizado para la presente investigación está basado en la metodología del ACI 211.

El proporcionamiento de materiales del diseño de mezcla del concreto con adición diferentes porcentajes de PAA será el mismo que el diseño de mezcla del concreto patrón, puesto que la adición del PAA se realiza en porcentaje de peso del cemento.

Como valores finales se muestran la proporción de los materiales del concreto a utilizarse en peso/m³ y en volumen.

7.3.1. DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO PATRÓN $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP)

Tabla 49

Diseño de mezcla del concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP)

CONDICIONES DE DISEÑO			
Resistencia $f'c$ (kg/cm ²)	:	210	Aire en la mezcla: Sin aire incorporado
Slump (pulg.)	:	3"	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS			
AGREGADO GRUESO (VICHO)		AGREGADO FINO (60% VICHO + 40% CUNYAC)	
Tamaño Máximo Absoluto (pulg.)	:	1"	Módulo de fineza (MF)
Tamaño Máximo Nominal (pulg.)	:	3.4"	Porcentaje de Finos (%)
Módulo de fineza (MF)	:	7.05	Contenido de humedad (%)
Porcentaje de Finos (%)	:	0.03	Peso específico (g/cm ³)
Contenido de humedad (%)	:	0.58	Porcentaje de absorción (%)
Peso específico (g/cm ³)	:	2.67	Peso unitario suelto (kg/m ³)
Porcentaje de absorción (%)	:	1.59	Peso unitario compactado (kg/m ³)
Peso unitario suelto (kg/m ³)	:	1430.34	
Peso unitario compactado (kg/m ³)	:	1561.01	
Abrasión Los Ángeles (%)	:	30.08	
POLIMERO ABSORBENTE DE AGUA (PAA)		AGUA	
Estado	:	Saturado	Peso específico (g/cm ³)
Nomenclatura	:	(C3H3NaO2) _n	pH
Peso específico (g/cm ³)	:	1.01	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	:	655.81	
		CEMENTO	
		Tipo de cemento	IP (Yura)
		Peso específico (g/cm ³)	2.85
		Peso unitario suelto (kg/m ³)	1500

RESULTADOS DE LA SECUENCIA DE DISEÑO		
1ro: Resistencia de diseño (f'cr)	:	294 kg/cm ²
2do: Asentamiento del concreto - SLUMP	:	3 Pulg.
3ro: Tamaño Máximo Nominal del Agregado	:	1/2" Pulg.
4to: Volumen unitario de agua de diseño	:	216 l/m ³
5to: Contenido de aire atrapado	:	2.50% %
6to: Relación Agua/Cemento por Resistencia	:	0.56
7mo: Factor cemento (C)	:	8.50 bolsas/m ³
8vo: Volumen Absoluto de pasta por m³	:	0.136 m ³
9no: Volumen Absoluto de Agregado Grueso y Fino		
Agregado Grueso	:	0.327 m ³
Agregado Fino	:	0.296 m ³
10mo: Pesos secos de los agregados grueso y fino		
Agregado Grueso	:	872.97 kg/m ³
Agregado Fino	:	779.38 kg/m ³
Paso 11: Corrección de los Agregados por Humedad		
Agregado Grueso	:	877.99 kg/m ³
Agregado Fino	:	787.83 kg/m ³
Paso 12: Ajustes por Humedad y Absorción de los Agregados		
Agua de Diseño	:	216.00 lt/m ³
Agua Efectiva	:	235.81 lt/m ³
Paos 13: Pesos corregidos de los materiales por m³		
Cemento	:	386.82 kg/m ³
Agregado Fino	:	787.83 kg/m ³
Agregado Grueso	:	877.99 kg/m ³
Agua	:	235.81 lt/m ³
*Peso unitario de concreto fresco	:	2288.46 kg/m ³
Paso 14: Cálculo en Peso de los Materiales		
Cemento		1.00 kg
Agregado Fino		2.04 kg
Agregado Grueso		2.27 kg
Agua		0.61 lt
Paso 15: Cálculo en Volumen por tanda de una bolsa de cemento		
Cemento		1.00 bolsa
Agua		25.91 lt
Agregado Grueso		2.38 pie ³
Agregado Fino		1.85 pie ³

7.3.2. DOSIFICACIÓN EN PESO Y VOLUMEN DEL CONCRETO

7.3.2.1. CONCRETO PATRÓN (DMCP + 0% P.A.A.)

Este diseño no presenta adición de PAA por lo que se le considera como el diseño de mezcla de concreto patrón.

Tabla 50

Dosificación del concreto patrón (DMCP + 0% P.A.A.)

DOSIFICACIÓN PATRÓN												
Material	PROPORCIÓN EN PESO						PROPORCIÓN EN VOLUMEN					
	Proporción	Por bolsa cemento		Por m ³ de concreto		Proporción	Por bolsa cemento		Por m ³ de concreto			
Cemento	1.0	kg	1	bolsas	8.50	bolsas	1.0	m ³	1.00	bolsas	8.50	bolsas
Agregado Fino	2.0	kg	86.56	kg	787.83	kg	1.9	m ³	0.05	m ³	0.48	m ³
Agregado Grueso	2.3	kg	96.47	kg	877.99	kg	2.4	m ³	0.07	m ³	0.61	m ³
Agua	0.6	lt	25.91	lt	235.81	lt	0.9	m ³	25.91	lt	235.81	lt

7.3.2.2. CONCRETO PATRÓN CON 1.5% P.A.A. (DMCP + 1.5% P.A.A.)

Este diseño presenta una adición de PAA de 1.5% en peso del cemento.

Tabla 51

Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP + 1.5% P.A.A.)

DOSIFICACIÓN PATRÓN + 1.5%PAA												
Material	PROPORCIÓN EN PESO						PROPORCIÓN EN VOLUMEN					
	Proporción	Por bolsa		Por m ³ de		Proporción	Por bolsa		Por m ³ de			
Cemento	1.0	kg	1	bolsas	8.50	bolsas	1.0	m ³	1.00	bolsas	8.50	bolsas
Agregado Fino	2.0	kg	86.56	kg	787.83	kg	1.9	m ³	0.05	m ³	0.48	m ³
Agregado Grueso	2.3	kg	96.47	kg	877.99	kg	2.4	m ³	0.07	m ³	0.61	m ³
Agua	0.6	lt	25.91	lt	235.81	lt	0.9	m ³	25.91	lt	235.81	lt
PAA	0.015	kg	0.638	kg	5.419	kg	0.032	m ³	0.001	m ³	0.008	m ³

7.3.2.3. CONCRETO PATRÓN CON 2.5% P.A.A. (DMCP + 2.5% P.A.A.)

Este diseño presenta una adición de PAA de 2.5% en peso del cemento.

Tabla 52

Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP + 2.5% P.A.A.)

Material	DOSIFICACIÓN PATRÓN + 2.5%PAA					
	PROPORCIÓN EN PESO			PROPORCIÓN EN VOLUMEN		
	Proporción	Por bolsa	Por m3 de	Proporción	Por bolsa	Por m3 de
Cemento	1.0 kg	1 bolsas	8.50 bolsas	1.0 m3	1.00 bolsas	8.50 bolsas
Agregado Fino	2.0 kg	86.56 kg	787.83 kg	1.9 m3	0.05 m3	0.48 m3
Agregado Grueso	2.3 kg	96.47 kg	877.99 kg	2.4 m3	0.07 m3	0.61 m3
Agua	0.6 lt	25.91 lt	235.81 lt	0.9 m3	25.91 lt	235.81 lt
PAA	0.025 kg	1.063 kg	9.031 kg	0.053 m3	0.002 m3	0.013 m3

7.3.2.4. CONCRETO PATRÓN CON 3.5% P.A.A. (DMCP + 3.5% P.A.A.)

Este diseño presenta una adición de PAA de 3.5% en peso del cemento.

Tabla 53

Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DMCP + 3.5% P.A.A.)

Material	DOSIFICACIÓN PATRÓN + 3.5%PAA					
	PROPORCIÓN EN PESO			PROPORCIÓN EN VOLUMEN		
	Proporción	Por bolsa	Por m3 de	Proporción	Por bolsa	Por m3 de
Cemento	1.0 kg	1 bolsas	8.50 bolsas	1.0 m3	1.00 bolsas	8.50 bolsas
Agregado Fino	2.0 kg	86.56 kg	787.83 kg	1.9 m3	0.05 m3	0.48 m3
Agregado Grueso	2.3 kg	96.47 kg	877.99 kg	2.4 m3	0.07 m3	0.61 m3
Agua	0.6 lt	25.91 lt	235.81 lt	0.9 m3	25.91 lt	235.81 lt
PAA	0.035 kg	1.488 kg	12.644 kg	0.075 m3	0.002 m3	0.018 m3

7.4. CONCRETO EN ESTADO FRESCO

7.4.1. TEMPERATURA DEL CONCRETO

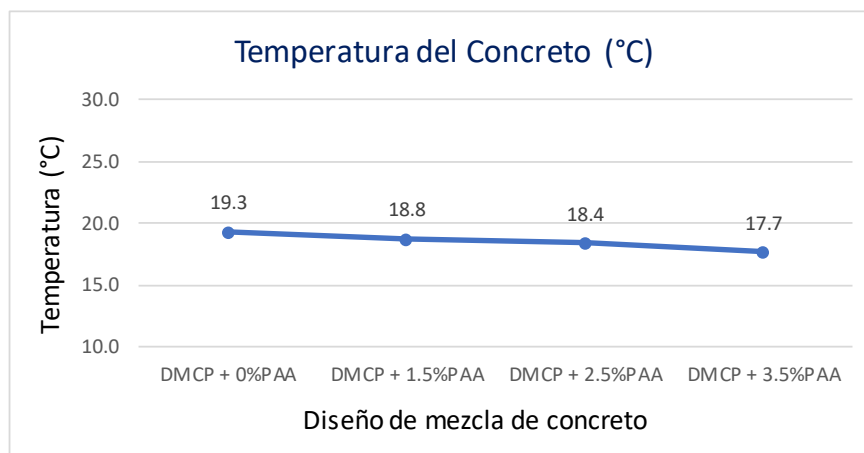
Para la determinación de la temperatura del concreto en estado fresco se utilizó un termómetro digital de aguja que se colocó inmerso en la mezcla, se registraron cuatro (04) medidas de temperatura de la misma mezcla de concreto por cada tipo de diseño de mezcla de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$, los valores de estas lecturas se muestran en la Tabla 54 donde se considera al promedio de estos como valor final de temperatura, también se muestra una gráfica donde se

aprecia la temperatura del concreto fresco para el diseño de mezcla patrón y de los que presentan adición de PAA.

Tabla 54

Temperatura del concreto (°C)

Diseño de Mezcla	TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO				
	Temperatura (°C)				Promedio (°C)
	T1	T2	T3	T4	
DMCP + 0%PAA	19.4	19.3	19.5	19.1	19.3
DMCP + 1.5%PAA	18.9	18.6	18.8	18.8	18.8
DMCP + 2.5%PAA	18.3	18.2	18.6	18.5	18.4
DMCP + 3.5%PAA	17.8	17.6	17.6	17.7	17.7

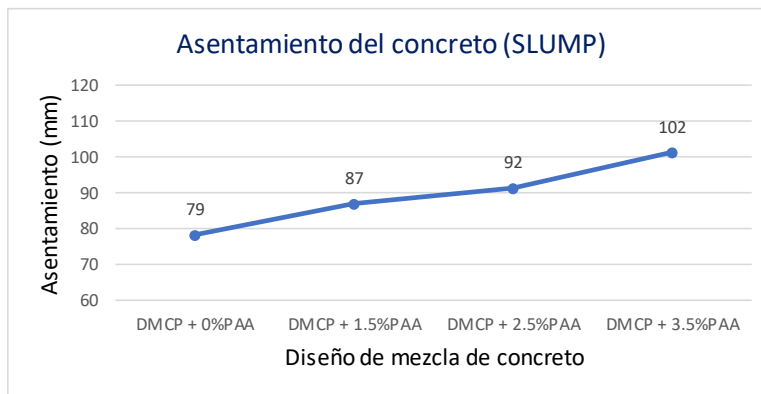


7.4.2. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

Se realizó la prueba de revenimiento o asentamiento del concreto según el procedimiento indicado en la norma NTP 339.035 para el control de la consistencia del concreto. Se ensayaron cuatro (04) muestras representativas de concreto fresco de un mismo vaciado por cada tipo de diseño de mezcla $f'c=210\text{kg/cm}^2$, estos valores se muestran en la Tabla 55 y se considera al promedio de estos como valor final de asentamiento de concreto, así mismo se muestra una gráfica donde se aprecia la variación de asentamiento de concreto para cada tipo de diseño de mezcla patrón y con adición de PAA en diferentes porcentajes.

Tabla 55*Asentamiento del concreto (SLUMP)*

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)						
MTC E 705, NTP 339.035, ASTM C143, AASHTO T119M						
Diseño de Mezcla	Asentamiento (mm)				Promedio	
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	(mm)	(pulg)
DMCP + 0%PAA	78	80	75	81	79	3.1
DMCP + 1.5%PAA	85	88	89	86	87	3.4
DMCP + 2.5%PAA	91	90	94	91	92	3.6
DMCP + 3.5%PAA	99	105	102	100	102	4.0



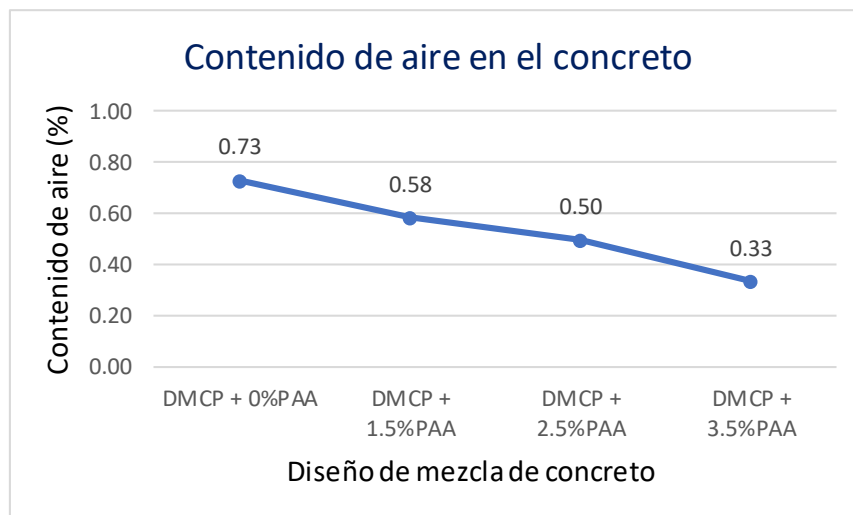
7.4.3. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO – OLLA DE WASHINGTON

Para determinar el porcentaje de contenido de aire de concreto fresco se utilizó el método de presión de la Olla de Washington y se siguió el procedimiento indicado en la norma NTP 339.185. Se ensayaron tres (03) muestras representativas de concreto fresco de un mismo vaciado por cada tipo de diseño de mezcla $f^c=210\text{kg/cm}^2$, estos valores se muestran en la Tabla 56 y se considera al promedio de estos como valor final de contenido de aire del concreto fresco, así mismo se muestra una gráfica donde se aprecia la variación de contenido de aire para cada tipo de diseño de mezcla patrón y con adición de PAA en diferentes porcentajes.

Tabla 56

Contenido de aire en el concreto en estado fresco

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO - MÉTODO DE PRESIÓN				
MTC E 706, NTP 339.185, ASTM C 231, AASHTO T 152				
Diseño de Mezcla	Contenido de Aire (%)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	
DMCP + 0%PAA	0.75	0.70	0.75	0.73
DMCP + 1.5%PAA	0.55	0.60	0.60	0.58
DMCP + 2.5%PAA	0.45	0.50	0.55	0.50
DMCP + 3.5%PAA	0.30	0.35	0.35	0.33



A continuación, se detallan los resultados de contenido de aire del concreto fresco y su corrección por agregados, para cada tipo de diseño de mezcla.

7.4.3.1. Contenido de aire de concreto fresco patrón (DMCP + 0%PAA)

Tabla 57

Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 0%PAA)

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO - MÉTODO DE PRESIÓN					
MTC E 706, NTP 339.185, ASTM C 231, AASHTO T 152					
DATOS GENERALES					
Resistencia de diseño (f'c)	:	210kg/cm ²			
Porcentaje de PAA	:	0%			
Peso unitario del concreto	:	2294.57			
Cemento	:	Portland Yura tipo IP			
Agregado Grueso	:	Piedra chancada (cantera Vicho)			
Agregado Fino	:	Arena (canteras: 60% Vicho + 40% Cunyac)			
			MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
A1	A	2,55	2,50	2,55	2,53
G	B	1,8	1,80	1,8	1,80
As	C = A - B	0,75	0,70	0,75	0,73

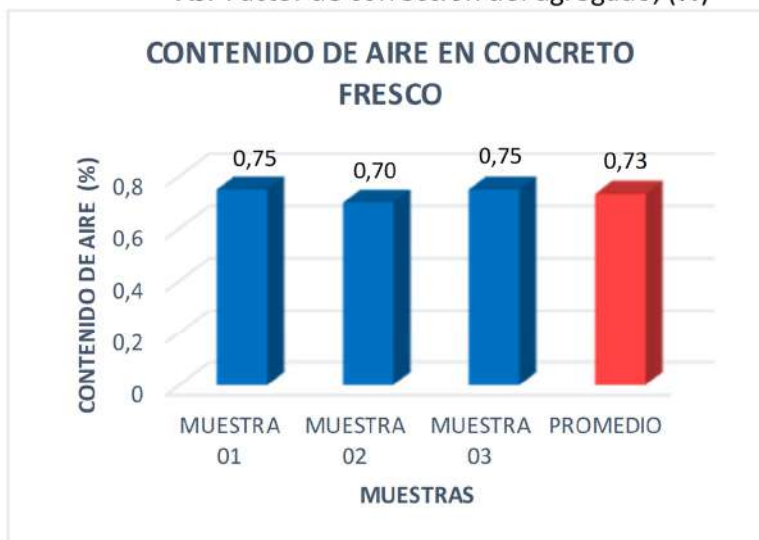


Donde:

A1: Contenido de aire en la muestra, (%)

G: Contenido aparente de aire e la muestra, (%)

As: Factor de corrección del agregado, (%)



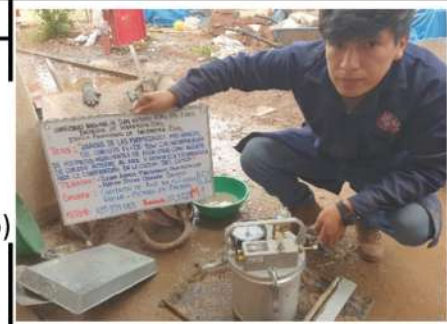
CONTENIDO DE AIRE = 0,73%

7.4.3.2. Contenido de aire de concreto fresco patrón con adición de 1.5% de PAA (DMCP + 1.5%PAA)

Tabla 58

Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 1.5%PAA)

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO - MÉTODO DE PRESIÓN					
MTC E 706, NTP 339.185, ASTM C 231, AASHTO T 152					
DATOS GENERALES					
Resistencia de diseño (f'c)	:	210kg/cm ²			
Porcentaje de PAA	:	1.5%			
Peso unitario del concreto	:	2294.57			
Cemento	:	Portland Yura tipo IP			
Agregado Grueso	:	Piedra chancada (cantera Vicho)			
Agregado Fino	:	Arena (canteras: 60% Vicho + 40% Cunyac)			
		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
A1	A	2,35	2,40	2,40	2,38
G	B	1,80	1,80	1,80	1,80
As	C = A - B	0,55	0,60	0,60	0,58

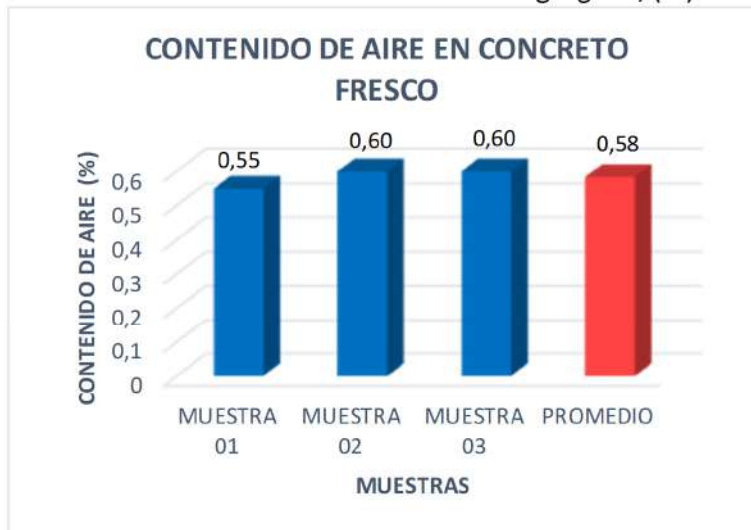


Donde:

A1: Contenido en la muestra, (%)

G: Contenido aparente de aire e la muestra, (%)

As: Factor de corrección del agregado, (%)



CONTENIDO DE AIRE = 0,58%

7.4.3.3. Contenido de aire de concreto fresco patrón con adición de 2.5% de PAA (DMCP + 2.5%PAA)

Tabla 59

Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 2.5%PAA)

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO - MÉTODO DE PRESIÓN					
MTC E 706, NTP 339.185, ASTM C 231, AASHTO T 152					
DATOS GENERALES					
Resistencia de diseño (f'c)		: 210kg/cm ²			
Porcentaje de PAA		: 2.5%			
Peso unitario del concreto		: 2294.57			
Cemento		: Portland Yura tipo IP			
Agregado Grueso		: Piedra chancada (cantera Vicho)			
Agregado Fino		: Arena (canteras: 60% Vicho + 40% Cunyac)			
		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
A1	A	2,25	2,30	2,35	2,30
G	B	1,80	1,80	1,80	1,80
As	C = A - B	0,45	0,50	0,55	0,50

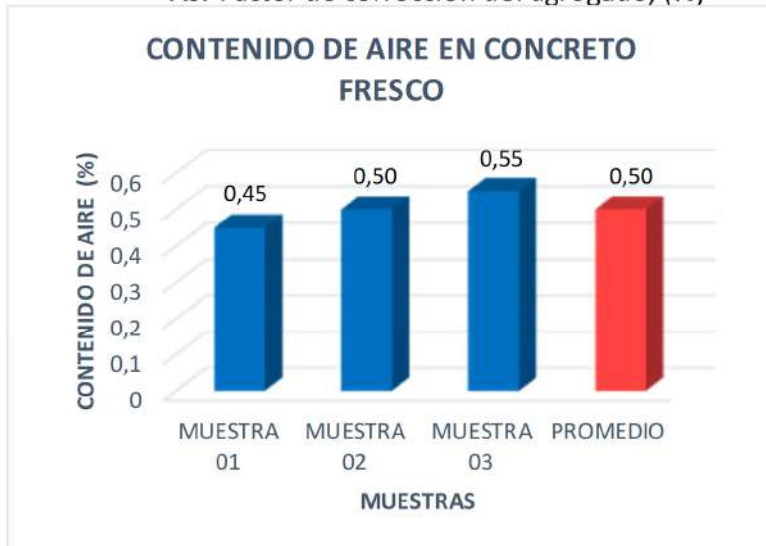


Donde:

A1: Contenido en la muestra, (%)

G: Contenido aparente de aire e la muestra, (%)

As: Factor de corrección del agregado, (%)




CONTENIDO DE AIRE = 0,50%

7.4.3.4. Contenido de aire de concreto fresco patrón con adición de 3.5% de PAA (DMCP + 3.5%PAA)

Tabla 60

Contenido de aire del concreto, Olla de Washington (DMCP + 3.5%PAA)

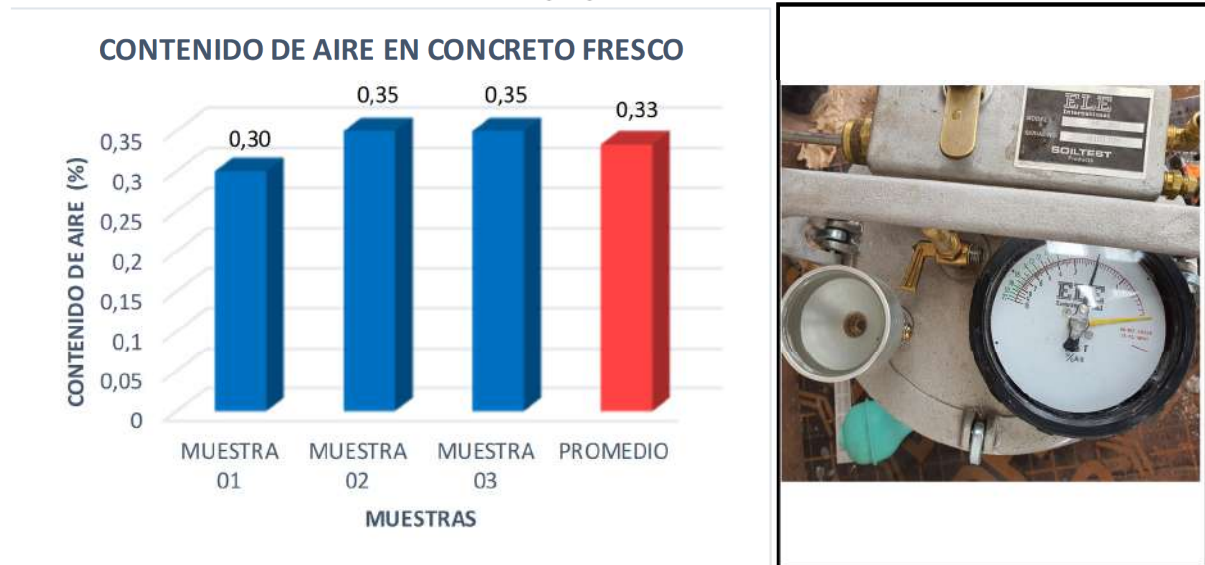
CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO - MÉTODO DE PRESIÓN						
MTC E 706, NTP 339.185, ASTM C 231, AASHTO T 152						
DATOS GENERALES						
Resistencia de diseño (f'c)	:	210kg/cm ²				
Porcentaje de PAA	:	3.5%				
Peso unitario del concreto	:	2294.57				
Cemento	:	Portland Yura tipo IP				
Agregado Grueso	:	Piedra chancada (cantera Vicho)				
Agregado Fino	:	Arena (canteras: 60% Vicho + 40% Cunyac)				
						
		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO	
A1	A	2,10	2,15	2,15	2,13	
G	B	1,80	1,80	1,80	1,80	
As	C = A - B	0,30	0,35	0,35	0,33	

Donde:

A1: Contenido en la muestra, (%)

G: Contenido aparente de aire e la muestra, (%)

As: Factor de corrección del agregado, (%)



CONTENIDO DE AIRE = 0,33%

7.5. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

7.5.1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO

Con la finalidad de obtener resultados más precisos, se registró el dimensionamiento de las muestras de concreto endurecido que se utilizaron durante los diferentes ensayos a los que fueron sometidos, en las siguientes tablas se muestran tres (03) mediciones y el promedio de ellos como valor final de las dimensiones más relevantes de dichas muestras.

7.5.1.1. Briquetas de concreto

En este caso a estas muestras cilíndricas se midieron sus diámetros, alturas y pesos SSS (saturado superficialmente seco).

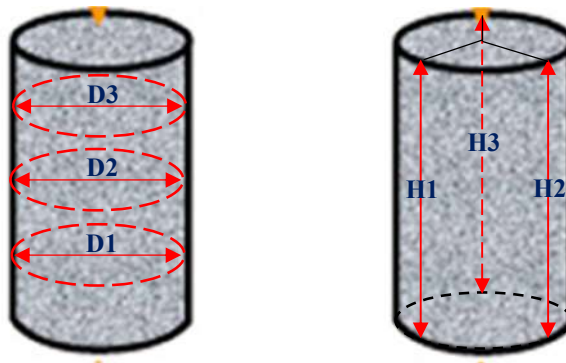


Tabla 61

Dimensiones de briquetas de concreto (0% PAA, 28 días)

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (0% PAA, 28 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:		01/08/2023			
% de PAA:		0	%		Fecha de dimensionam.:		29/08/2023			
Nº	Muestra ID	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	Dprom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Hprom (cm)	Peso (g)
1	V1-B1	10.12	10.14	10.18	10.15	20.53	20.49	20.52	20.51	3973.31
2	V1-B2	10.13	10.15	10.13	10.14	20.50	20.55	20.58	20.54	3968.82
3	V1-B3	10.24	10.18	10.15	10.19	20.54	20.37	20.44	20.45	3933.52
4	V1-B4	10.10	10.12	10.13	10.12	20.46	20.49	20.49	20.48	3959.41
5	V1-B5	10.14	10.18	10.20	10.17	20.45	20.56	20.48	20.50	3951.37
6	V1-B6	10.19	10.11	10.11	10.14	20.54	20.47	20.58	20.53	3967.54

Tabla 62*Dimensiones de briquetas de concreto (0% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (0% PAA, 42 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		02/08/2023			
% de PAA:		0	%		Fecha de dimensionam.:		13/09/2023			
N°	Muestra	D1	D2	D3	Dprom	H1	H2	H3	Hprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(g)
1	V2-B1	10.10	10.12	10.12	10.11	20.48	20.52	20.47	20.49	3945.54
2	V2-B2	10.10	10.14	10.17	10.14	20.49	20.47	20.46	20.47	3926.42
3	V2-B3	10.10	10.10	10.09	10.10	20.40	20.46	20.45	20.44	3932.34
4	V2-B4	10.11	10.16	10.18	10.15	20.39	20.43	20.34	20.39	3929.38
5	V2-B5	10.11	10.11	10.10	10.11	20.51	20.55	20.54	20.53	3937.74
6	V12B6	10.09	10.10	10.10	10.10	20.47	20.42	20.54	20.48	3914.58

Tabla 63*Dimensiones de briquetas de concreto (1.5% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (1.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		03/08/2023			
% de PAA:		1.5	%		Fecha de dimensionam.:		31/08/2023			
N°	Muestra	D1	D2	D3	Dprom	H1	H2	H3	Hprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(g)
1	V3-B1	10.11	10.14	10.14	10.13	20.41	20.40	20.54	20.45	3875.64
2	V3-B2	10.14	10.18	10.19	10.17	20.49	20.51	20.52	20.51	3898.31
3	V3-B3	10.12	10.14	10.16	10.14	20.44	20.42	20.46	20.44	3890.14
4	V3-B4	10.13	10.16	10.18	10.16	20.44	20.46	20.50	20.47	3894.06
5	V3-B5	10.12	10.15	10.19	10.15	20.40	20.47	20.49	20.45	3883.12
6	V3-B6	10.08	10.11	10.11	10.10	20.38	20.39	20.38	20.38	3884.14

Tabla 64*Dimensiones de briquetas de concreto (1.5% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (1.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:		04/08/2023			
% de PAA:		1.5	%		Fecha de dimensionam.:		15/09/2023			
N°	Muestra	D1	D2	D3	Dprom	H1	H2	H3	Hprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(g)
1	V4-B1	10.15	10.16	10.20	10.17	20.48	20.51	20.50	20.50	3945.46
2	V4-B2	10.12	10.14	10.16	10.14	20.49	20.50	20.58	20.52	3956.54
3	V4-B3	10.07	10.11	10.10	10.09	20.55	20.58	20.61	20.58	3965.46
4	V4-B4	10.10	10.16	10.18	10.15	20.61	20.46	20.49	20.52	3865.59
5	V4-B5	10.09	10.13	10.15	10.12	20.55	20.54	20.59	20.56	3957.67
6	V4-B6	10.09	10.10	10.10	10.10	20.34	20.34	20.33	20.34	3930.96

Tabla 65*Dimensiones de briquetas de concreto (2.5% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (2.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:		08/08/2023			
% de PAA:		2.5	%		Fecha de dimensionam.:		05/09/2023			
N°	Muestra	D1	D2	D3	Dprom	H1	H2	H3	Hprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(g)
1	V5-B1	10.12	10.18	10.18	10.16	20.50	20.41	20.51	20.47	3843.82
2	V5-B2	10.11	10.12	10.07	10.10	20.47	20.62	20.52	20.54	3870.92
3	V5-B3	10.10	10.14	10.16	10.13	20.53	20.45	20.52	20.50	3864.96
4	V5-B4	10.08	10.06	10.11	10.08	20.36	20.37	20.35	20.36	3817.84
5	V5-B5	10.11	10.12	10.17	10.13	20.49	20.53	20.59	20.54	3873.21
6	V5-B6	10.12	10.16	10.18	10.15	20.54	20.48	20.47	20.50	3870.26

Tabla 66*Dimensiones de briquetas de concreto (2.5% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (2.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		09/08/2023			
% de PAA:		2.5	%		Fecha de dimensionam.:		20/09/2023			
N°	Muestra	D1	D2	D3	Dprom	H1	H2	H3	Hprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(g)
1	V6-B1	10.15	10.20	10.18	10.18	20.50	20.46	20.48	20.48	3808.77
2	V6-B2	10.14	10.30	10.18	10.21	20.55	20.60	20.60	20.58	3841.97
3	V6-B3	10.05	10.03	10.04	10.04	20.20	20.25	20.28	20.24	3821.52
4	V6-B4	10.12	10.28	10.20	10.20	20.55	20.45	20.47	20.49	3817.56
5	V6-B5	10.11	10.19	10.23	10.18	20.58	20.54	20.53	20.55	3859.66
6	V6-B6	10.02	10.04	10.05	10.04	20.29	20.35	20.38	20.34	3849.87

Tabla 67*Dimensiones de briquetas de concreto (3.5% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (3.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		10/08/2023			
% de PAA:		3.5	%		Fecha de dimensionam.:		07/09/2023			
N°	Muestra	D1	D2	D3	Dprom	H1	H2	H3	Hprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(g)
1	V7-B1	10.14	10.17	10.19	10.17	20.50	20.46	20.53	20.50	3868.86
2	V7-B2	10.10	10.13	10.17	10.13	20.51	20.47	20.52	20.50	3868.90
3	V7-B3	10.11	10.13	10.13	10.12	20.56	20.50	20.46	20.51	3875.79
4	V7-B4	10.12	10.17	10.17	10.15	20.48	20.47	20.48	20.48	3852.55
5	V7-B5	10.11	10.15	10.20	10.15	20.40	20.49	20.43	20.44	3849.79
6	V7-B6	10.11	10.14	10.18	10.14	20.45	20.50	20.44	20.46	3863.77

Tabla 68

Dimensiones de briquetas de concreto (3.5% PAA, 42 días)

DIMENSIONES DE BRIQUETAS (3.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.034/MTC E 704										
f' c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo: 11/08/2023					
% de PAA:		3.5	%		Fecha de dimensionam.: 22/09/2023					
N°	Muestra ID	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	Dprom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Hprom (cm)	Peso (g)
1	V8-B1	10.13	10.14	10.16	10.14	20.50	20.50	20.48	20.49	3775.25
2	V8-B2	10.12	10.14	10.15	10.14	20.46	20.45	20.47	20.46	3800.34
3	V8-B3	10.12	10.13	10.12	10.12	20.41	20.49	20.46	20.45	3794.08
4	V8-B4	10.12	10.13	10.12	10.12	20.32	20.31	20.33	20.32	3772.53
5	V8-B5	10.11	10.13	10.14	10.13	20.49	20.50	20.48	20.49	3800.37
6	V8-B6	10.09	10.13	10.17	10.13	20.49	20.52	20.53	20.51	3807.82

7.5.1.2. Vigas de concreto

En este caso a estas muestras de forma prismática rectangular se midieron la ancho, altura, longitud y peso, el ancho y altura se midieron en ambas caras de los extremos de la viga.

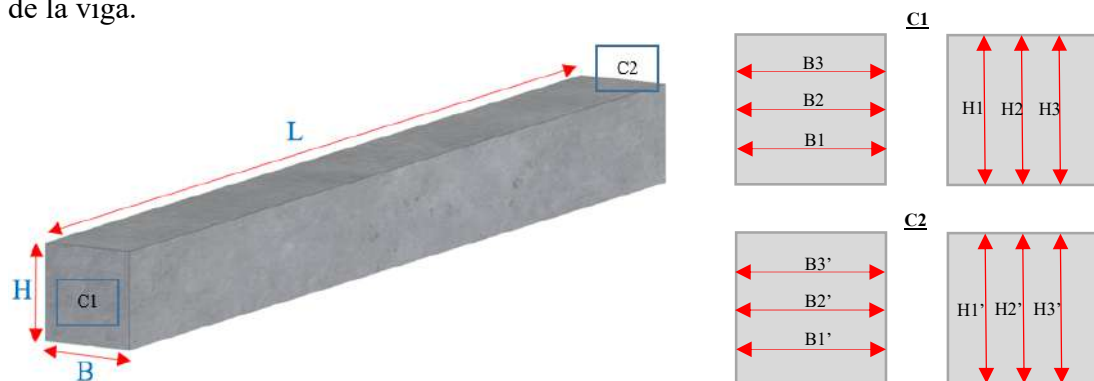


Tabla 69*Dimensiones de vigas de concreto (0% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (0% PAA, 28 días)																	
NTP 339.078/MTC E 709																	
f'c de diseño:		210		kg/cm ²		Fecha de moldeo:										01/08/2023	
% de PAA:		0		%		Fecha de dimensionamiento:										29/08/2023	
N°	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso	
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	
1	V1-VG1	15.11	15.11	15.11	15.11	15.09	15.24	15.38	15.35	15.32	15.39	64.60	64.70	64.70	64.67	34.90	
		15.07	15.05	15.05	15.06		15.34	15.54	15.49	15.46							
2	V1-VG2	15.23	15.10	15.12	15.15	15.15	15.14	15.11	15.19	15.15	15.36	64.80	64.80	64.80	64.80	35.00	
		15.12	15.15	15.15	15.14		15.53	15.60	15.58	15.57							
3	V1-VG3	15.02	15.08	15.11	15.07	15.12	15.58	15.66	15.74	15.66	15.31	64.90	64.90	64.90	64.90	34.70	
		15.13	15.16	15.18	15.16		14.90	14.91	15.03	14.95							

Tabla 70*Dimensiones de vigas de concreto (0% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (0% PAA, 42 días)																	
NTP 339.078/MTC E 709																	
f'c de diseño:		210		kg/cm ²		Fecha de moldeo:										02/08/2023	
% de PAA:		0		%		Fecha de dimensionamiento:										13/09/2023	
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso	
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	
1	V2-VG1	14.91	14.85	14.80	14.85	15.22	15.11	15.12	15.11	15.11	15.09	64.80	64.90	64.90	64.87	35.65	
		15.53	15.58	15.63	15.58		15.03	15.08	15.10	15.07							
2	V2-VG2	15.16	15.17	15.18	15.17	15.14	15.22	15.15	14.92	15.10	15.08	64.90	64.90	64.90	64.90	35.70	
		15.02	15.11	15.20	15.11		15.05	15.06	15.08	15.06							
3	V2-VG3	15.23	15.30	15.34	15.29	15.20	15.21	15.23	15.28	15.24	15.18	64.80	64.80	64.90	64.83	35.70	
		15.11	15.12	15.08	15.10		15.09	15.12	15.13	15.11							

Tabla 71*Dimensiones de vigas de concreto (1.5% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (1.5% PAA, 28 días)																
NTP 339.078/MTC E 709																
f'c de diseño:		210		kg/cm2		Fecha de moldeo: 03/08/2023										
% de PAA:		1.5		%		Fecha de dimensionamiento: 31/08/2023										
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
1	V3-VG1	15.26	15.34	15.30	15.30	15.40	15.18	15.14	15.17	15.16	15.25	64.80	64.80	64.80	64.80	35.50
		15.56	15.50	15.41	15.49		15.35	15.33	15.30	15.33						
2	V3-VG2	15.11	15.18	15.17	15.15	15.52	15.24	15.21	15.18	15.21	15.18	64.80	64.80	64.90	64.83	35.80
		15.80	16.02	15.82	15.88		15.15	15.16	15.13	15.15						
3	V3-VG3	15.23	15.13	15.09	15.15	15.20	15.28	15.38	15.43	15.36	15.33	64.70	64.80	64.80	64.77	35.50
		15.32	15.24	15.19	15.25		15.32	15.29	15.30	15.30						

Tabla 72*Dimensiones de vigas de concreto (1.5% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (1.5% PAA, 42 días)																
NTP 339.078/MTC E 709																
f'c de diseño:		210		kg/cm2		Fecha de moldeo: 04/08/2023										
% de PAA:		1.5		%		Fecha de dimensionamiento: 15/09/2023										
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
1	V4-VG1	15.19	15.21	15.20	15.20	15.19	15.50	15.56	15.53	15.53	15.38	64.90	64.80	64.90	64.87	35.40
		15.14	15.18	15.21	15.18		15.21	15.21	15.24	15.22						
2	V4-VG2	15.22	15.24	15.27	15.24	15.21	15.06	15.10	15.12	15.09	15.17	64.90	64.80	64.80	64.83	35.10
		15.16	15.18	15.21	15.18		15.22	15.29	15.22	15.24						
3	V4-VG3	15.04	15.08	15.14	15.09	15.13	15.47	15.49	15.46	15.47	15.45	64.90	64.90	64.80	64.87	35.60
		15.14	15.17	15.17	15.16		15.44	15.41	15.42	15.42						

Tabla 73*Dimensiones de vigas de concreto (2.5% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (2.5% PAA, 28 días)																
NTP 339.078/MTC E 709																
f'c de diseño:		210		kg/cm2		Fecha de moldeo:		08/08/2023								
% de PAA:		2.5		%		Fecha de dimensionamiento:		05/09/2023								
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
1	V5-VG1	15.07	15.15	15.21	15.14	15.19	15.34	15.38	15.45	15.39	15.44	64.70	64.70	64.70	64.70	34.80
		15.23	15.24	15.22	15.23		15.43	15.49	15.56	15.49						
2	V5-VG2	15.19	15.14	15.08	15.14	15.15	15.20	15.32	15.24	15.25	15.27	64.80	64.80	64.80	64.80	34.50
		15.16	15.16	15.14	15.15		15.30	15.32	15.26	15.29						
3	V5-VG3	15.16	15.19	15.24	15.20	15.22	15.51	15.53	15.56	15.53	15.37	64.70	64.60	64.70	64.67	35.00
		15.18	15.23	15.27	15.23		15.20	15.25	15.18	15.21						

Tabla 74*Dimensiones de vigas de concreto (2.5% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (2.5% PAA, 42 días)																
NTP 339.078/MTC E 709																
f'c de diseño:		210		kg/cm2		Fecha de moldeo:		09/08/2023								
% de PAA:		2.5		%		Fecha de dimensionamiento:		20/09/2023								
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
1	V6-VG1	15.23	15.20	15.16	15.20	15.22	15.30	15.43	15.50	15.41	15.46	64.70	64.80	####	258.83	34.90
		15.29	15.24	15.20	15.24		15.54	15.52	15.43	15.50						
2	V6-VG2	15.18	15.17	15.16	15.17	15.16	15.49	15.42	15.49	15.47	15.33	65.00	65.00	65.00	65.00	34.60
		15.20	15.17	15.09	15.15		15.28	15.12	15.14	15.18						
3	V6-VG3	15.11	15.13	15.09	15.11	15.15	16.12	16.18	16.00	16.10	15.67	64.70	64.80	64.80	64.77	35.10
		15.16	15.18	15.19	15.18		15.23	15.18	15.29	15.23						

Tabla 75*Dimensiones de vigas de concreto (3.5% PAA, 28 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (3.5% PAA, 28 días)																
NTP 339.078/MTC E 709																
f' c de diseño:		210		kg/cm ²		Fecha de moldeo:		10/08/2023								
% de PAA:		3.5		%		Fecha de dimensionamiento:		07/09/2023								
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
1	V7-VG1	15.24	15.22	15.24	15.23	15.17	15.06	15.08	15.13	15.09	15.23	64.70	64.90	64.80	64.80	34.30
		15.11	15.10	15.11	15.11		15.24	15.39	15.44	15.36						
2	V7-VG2	15.22	15.26	15.30	15.26	15.22	15.14	15.18	15.21	15.18	15.29	64.70	64.60	64.80	64.70	34.70
		15.20	15.14	15.18	15.17		15.36	15.40	15.40	15.39						
3	V7-VG3	15.18	15.16	15.09	15.14	15.14	15.16	15.29	15.22	15.22	15.17	64.90	64.80	64.70	64.80	34.40
		15.11	15.16	15.15	15.14		15.06	15.10	15.18	15.11						

Tabla 76*Dimensiones de vigas de concreto (3.5% PAA, 42 días)*

DIMENSIONES DE VIGAS (3.5% PAA, 42 días)																
NTP 339.078/MTC E 709																
f' c de diseño:		210		kg/cm ²		Fecha de moldeo:		11/08/2023								
% de PAA:		3.5		%		Fecha de dimensionamiento:		22/09/2023								
N	Muestra	B1	B2	B3	Bprom'	Bprom	H1	H2	H3	Hprom'	Hprom	L1	L2	L3	Lprom	Peso
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)
1	V8-VG1	15.23	15.20	15.16	15.20	15.22	15.30	15.43	15.50	15.41	15.46	64.60	64.60	64.80	64.67	34.70
		15.29	15.24	15.20	15.24		15.54	15.52	15.43	15.50						
2	V8-VG2	15.18	15.17	15.16	15.17	15.16	15.49	15.42	15.49	15.47	15.33	64.80	64.80	64.60	64.73	34.70
		15.20	15.17	15.09	15.15		15.28	15.12	15.14	15.18						
3	V8-VG3	15.11	15.13	15.09	15.11	15.15	16.12	16.18	16.00	16.10	15.67	64.80	64.70	64.70	64.73	34.50
		15.16	15.18	15.19	15.18		15.23	15.18	15.29	15.23						

7.5.2. ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE CONCRETO ENDURECIDO

En este ítem se muestra el registro de la densidad y absorción de las muestras cilíndricas de concreto endurecido que se utilizaron durante los diferentes ensayos a los que fueron sometidos, en las siguientes tablas se muestran los datos de peso seco, peso SSS (saturado superficialmente

seco) y peso sumergido, con los cuales se calcularon los valores de absorción y densidad siguiendo el procedimiento indicado en la Norma NTP 339.034.

- Volumen = (Peso SSS – Peso sumergido) / Densidad del agua
- Absorción = (Peso SSS – Peso Seco) / Peso Seco
- Densidad = Peso SSS / Volumen

Tabla 77

Absorción y densidad de concreto (0% PAA, 28 días)

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (0% PAA, 28 días)								
NTP 339.034/MTC E 704								
f'c de diseño:			210	kg/cm ²	Fecha de moldeo:			01/08/2023
% de PAA:			0	%	Fecha de dimensionamiento:			29/08/2023
Densidad del agua (23°C):			997.5	kg/m ³				
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)	
1	V1-B1	3738.64	3973.31	2312.2	1665.27	6.28%	2.386	
2	V1-B2	3721.69	3968.82	2304.2	1668.79	6.64%	2.378	
3	V1-B3	3691.21	3933.52	2279.2	1658.47	6.56%	2.372	
4	V1-B4	3709.87	3959.41	2294.8	1668.78	6.73%	2.373	
5	V1-B5	3723.14	3951.37	2289.5	1666.04	6.13%	2.372	
6	V1-B6	3711.12	3967.54	2304.2	1667.51	6.91%	2.379	

Tabla 78

Absorción y densidad de concreto (0% PAA, 42 días)

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (0% PAA, 42 días)								
NTP 339.034/MTC E 704								
f'c de diseño:			210	kg/cm ²	Fecha de moldeo:			02/08/2023
% de PAA:			0	%	Fecha de dimensionamiento:			13/09/2023
Densidad del agua (23°C):			997.5	kg/m ³				
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)	
1	V2-B1	3698.24	3945.54	2295.50	1654.18	6.69%	2.385	
2	V2-B2	3685.56	3926.42	2279.40	1651.15	6.54%	2.378	
3	V2-B3	3698.58	3932.34	2285.10	1651.37	6.32%	2.381	
4	V2-B4	3692.77	3929.38	2281.10	1652.41	6.41%	2.378	
5	V2-B5	3689.78	3937.74	2288.30	1653.57	6.72%	2.381	
6	V12B6	3664.99	3914.58	2270.90	1647.80	6.81%	2.376	

Tabla 79*Absorción y densidad de concreto (1.5% PAA, 28 días)*

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (1.5% PAA, 28 días)							
NTP 339.034/MTC E 704							
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:		03/08/2023
% de PAA:		1.5	%		Fecha de dimensionamiento:		31/08/2023
Densidad del agua (23°C):		997.5	kg/m ³				
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)
1	V3-B1	3610.44	3875.64	2231.8	1647.96	7.35%	2.352
2	V3-B2	3630.04	3898.31	2254.2	1648.23	7.39%	2.365
3	V3-B3	3628.47	3890.14	2244.6	1649.66	7.21%	2.358
4	V3-B4	3630.24	3894.06	2250.6	1647.58	7.27%	2.364
5	V3-B5	3619.35	3883.12	2235.2	1652.05	7.29%	2.350
6	V3-B6	3615.42	3884.14	2238.1	1650.17	7.43%	2.354

Tabla 80*Absorción y densidad de concreto (1.5% PAA, 42 días)*

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (1.5% PAA, 42 días)							
NTP 339.034/MTC E 704							
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:		04/08/2023
% de PAA:		1.5	%		Fecha de dimensionamiento:		15/09/2023
Densidad del agua (23°C):		997.5	kg/m ³				
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)
1	V4-B1	3670.83	3945.46	2264.3	1685.37	7.48%	2.341
2	V4-B2	3687.91	3956.54	2270.5	1690.27	7.28%	2.341
3	V4-B3	3692.99	3965.46	2280.1	1689.58	7.38%	2.347
4	V4-B4	3596.32	3865.59	2213.9	1655.83	7.49%	2.335
5	V4-B5	3694.54	3957.67	2271.9	1689.99	7.12%	2.342
6	V4-B6	3661.32	3930.96	2250.9	1684.27	7.36%	2.334

Tabla 81*Absorción y densidad de concreto (2.5% PAA, 28 días)*

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (2.5% PAA, 28 días)							
NTP 339.034/MTC E 704							
f'c de diseño: 210 kg/cm ²			Fecha de moldeo: 08/08/2023				
% de PAA: 2.5 %			Fecha de dimensionamiento: 05/09/2023				
Densidad del agua (23°C): 997.5 kg/m ³							
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)
1	V5-B1	3559.64	3843.82	2176.1	1671.90	7.98%	2.299
2	V5-B2	3587.64	3870.92	2194.5	1680.62	7.90%	2.303
3	V5-B3	3576.15	3864.96	2188.7	1680.46	8.08%	2.300
4	V5-B4	3535.69	3817.84	2164.8	1657.18	7.98%	2.304
5	V5-B5	3588.34	3873.21	2197.6	1679.81	7.94%	2.306
6	V5-B6	3584.69	3870.26	2193.5	1680.96	7.97%	2.302

Tabla 82*Absorción y densidad de concreto (2.5% PAA, 42 días)*

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (2.5% PAA, 42 días)							
NTP 339.034/MTC E 704							
f'c de diseño: 210 kg/cm ²			Fecha de moldeo: 09/08/2023				
% de PAA: 2.5 %			Fecha de dimensionamiento: 20/09/2023				
Densidad del agua (23°C): 997.5 kg/m ³							
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)
1	V6-B1	3524.23	3808.77	2157.4	1655.51	8.07%	2.301
2	V6-B2	3553.86	3841.97	2175.6	1670.55	8.11%	2.300
3	V6-B3	3535.19	3821.52	2166.1	1659.57	8.10%	2.303
4	V6-B4	3534.98	3817.56	2162.5	1659.21	7.99%	2.301
5	V6-B5	3572.21	3859.66	2184.1	1679.76	8.05%	2.298
6	V6-B6	3562.31	3849.87	2181.2	1672.85	8.07%	2.301

Tabla 83*Absorción y densidad de concreto (3.5% PAA, 28 días)*

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (3.5% PAA, 28 días)								
NTP 339.034/MTC E 704								
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:			10/08/2023
% de PAA:		3.5	%		Fecha de dimensionamiento:			07/09/2023
Densidad del agua (23°C):		997.5	kg/m ³					
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)	
1	V7-B1	3574.25	3868.86	2190.4	1682.67	8.24%	2.299	
2	V7-B2	3574.6	3868.90	2191.1	1682.01	8.23%	2.300	
3	V7-B3	3584.25	3875.79	2192.5	1687.51	8.13%	2.297	
4	V7-B4	3558.25	3852.55	2178.9	1677.84	8.27%	2.296	
5	V7-B5	3558.63	3849.79	2174.9	1679.09	8.18%	2.293	
6	V7-B6	3568.87	3863.77	2187.1	1680.87	8.26%	2.299	

Tabla 84*Absorción y densidad de concreto (3.5% PAA, 42 días)*

ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE BRIQUETAS DE CONCRETO (3.5% PAA, 28 días)								
NTP 339.034/MTC E 704								
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Fecha de moldeo:			11/08/2023
% de PAA:		3.5	%		Fecha de dimensionamiento:			22/09/2023
Densidad del agua (23°C):		997.5	kg/m ³					
N°	Muestra ID	Peso Seco (g)	Peso SSS (g)	Peso sumergido (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Densidad (g/cm ³)	
1	V8-B1	3485.81	3775.25	2137.9	1641.45	8.30%	2.300	
2	V8-B2	3511.3	3800.34	2149.7	1654.78	8.23%	2.297	
3	V8-B3	3499.8	3794.08	2146.6	1651.61	8.41%	2.297	
4	V8-B4	3478.58	3772.53	2133.7	1642.94	8.45%	2.296	
5	V8-B5	3511.83	3800.37	2150.4	1654.11	8.22%	2.298	
6	V8-B6	3509.83	3807.82	2156.4	1655.56	8.49%	2.300	

7.5.3. CAMBIO VOLUMÉTRICO EN MUESTRAS CÚBICAS

Con la finalidad de registrar la variación volumétrica en el tiempo de las muestras cúbicas de 5 cm de lado por cada tipo de diseño de mezcla de concreto con y sin adición de PAA, se realizaron mediciones diarias de las dimensiones en los ejes X, Y y Z. En la Tabla 85 se presenta el registro de los volúmenes de las muestras y su variación en los días 28 y 42 desde; y en el Anexo F, se presenta el registro de las mediciones diarias de sus dimensiones, volúmenes, variaciones volumétricas y sus respectivas gráficas con líneas tendencia.

Tabla 85

Cambio volumétrico del concreto

CAMBIO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO						
Diseños	ID	Volumen inicial (mm ³)	Volumen a 28 días (mm ³)	Variación de volumen (%)	Volumen a 42 días (mm ³)	Variación de volumen (%)
DMCP+0%PAA	D1	3.55E+06	3.54E+06	-0.25%	3.54E+06	-0.22%
	D2	3.51E+06	3.47E+06	-1.11%	3.47E+06	-1.16%
	D3	3.52E+06	3.51E+06	-0.08%	3.51E+06	-0.19%
DMCP+1.5%PAA	D1	3.62E+06	3.61E+06	-0.22%	3.61E+06	-0.23%
	D2	3.54E+06	3.53E+06	-0.29%	3.53E+06	-0.36%
	D3	3.55E+06	3.55E+06	-0.24%	3.55E+06	-0.23%
DMCP+2.5%PAA	D1	3.57E+06	3.57E+06	-0.12%	3.57E+06	-0.12%
	D2	3.61E+06	3.60E+06	-0.23%	3.61E+06	-0.11%
	D3	3.57E+06	3.55E+06	-0.64%	3.55E+06	-0.64%
DMCP+3.5%PAA	D1	3.57E+06	3.56E+06	-0.23%	3.56E+06	-0.24%
	D2	3.61E+06	3.61E+06	-0.05%	3.61E+06	-0.03%
	D3	3.57E+06	3.57E+06	-0.10%	3.56E+06	-0.15%

Figura 49

Variación volumétrica del concreto patrón

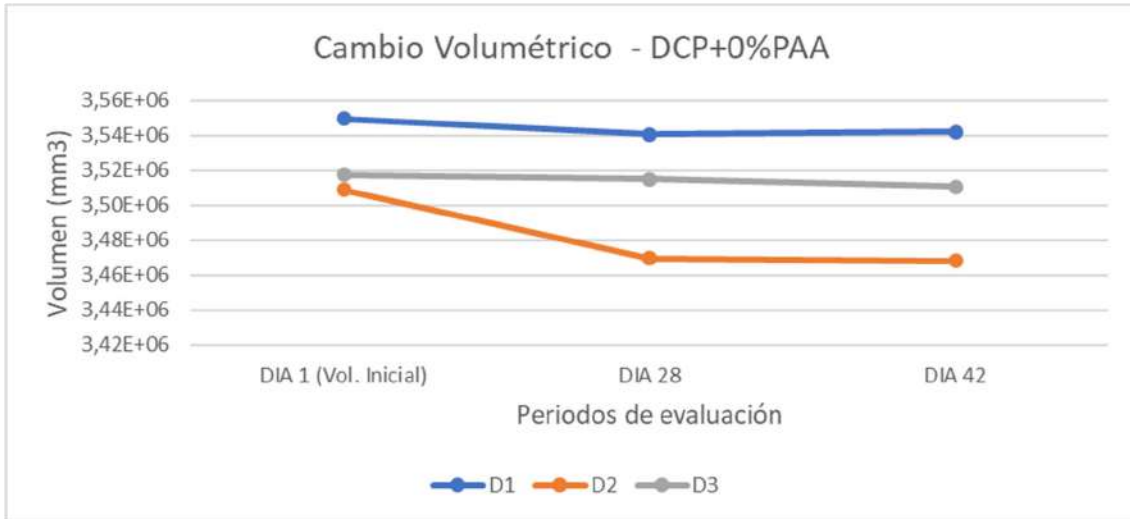


Figura 50

Variación volumétrica del concreto con adición de 1.5% PAA

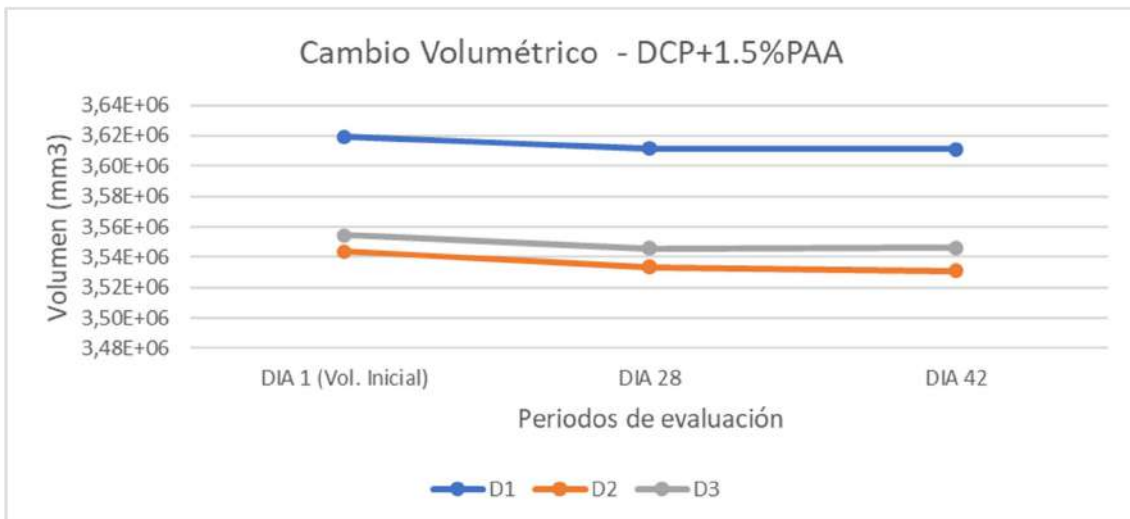


Figura 51

Variación volumétrica del concreto con adición de 2.5% PAA

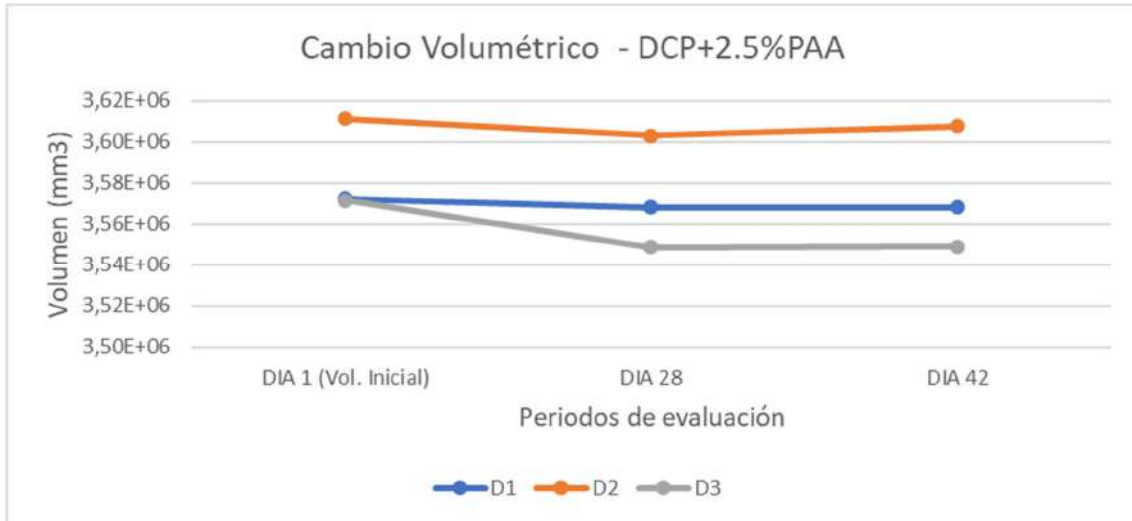
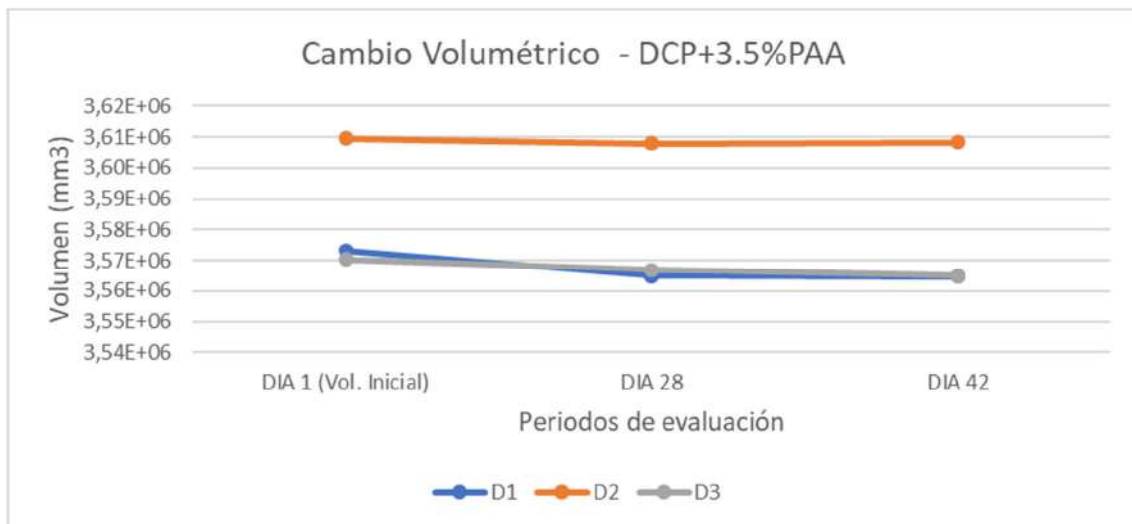


Figura 52

Variación volumétrica del concreto con adición de 3.5% PAA



7.5.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

Este ensayo se realizó para la determinación de la resistencia a la compresión simple del concreto ($f'c$) de acuerdo a la Norma NTP 339.034, consiste en aplicar una carga de compresión axial a una velocidad normalizada a las muestras cilíndricas previamente moldeada.

Se consideró como valor final de la resistencia a la compresión al promedio de los resultados luego del ensayo de seis (06) muestras cilíndricas de concreto provenientes del mismo vaciado para cada tipo de diseño de mezcla y para cada periodo de evaluación.

Los periodos de evaluación propuestos para la presente investigación son a los 28 y 42 días a partir del vaciado del concreto, sin embargo, con la finalidad de evaluar la curva de madurez de la resistencia a la compresión del concreto antes y después de los 28 días, se moldearon adicionalmente tres (03) muestras para los periodos de 14 y 56 días, para cada tipo de diseño de mezcla.

7.5.4.1. CONCRETO CONVENCIONAL (0% PAA)

Se detallan los resultados de resistencia a la compresión ($f'c$) obtenidos para el concreto convencional, es decir sin adición de PAA, para los periodos de 14, 28, 42 y 56 días.

En el Anexo B1, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.4.1.1. Resistencia a la compresión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 279.3 kg/cm² para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 133% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 86

Resistencia a la compresión del concreto (0% PAA, 28 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (0% PAA, 28 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
		f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 01/08/2023			
		% de PAA:		0	%		Fecha de rotura: 29/08/2023			
		Temperatura		22.5	°C		Tiempo de madurez		28	
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(m3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V1-B1	10.15	20.51	3.973	1.67E-03	2385.98	21965.646	80.91	271.48	129%
2	V1-B2	10.14	20.54	3.969	1.67E-03	2378.26	22106.713	80.75	273.77	130%
3	V1-B3	10.19	20.45	3.934	1.66E-03	2371.78	23169.933	81.55	284.12	135%
4	V1-B4	10.12	20.48	3.959	1.67E-03	2372.63	23094.726	80.44	287.11	137%
5	V1-B5	10.17	20.50	3.951	1.67E-03	2371.72	22797.988	81.23	280.66	134%
6	V1-B6	10.14	20.53	3.968	1.67E-03	2379.32	22501.338	80.75	278.65	133%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								279.3	133%	

7.5.4.1.2. Resistencia a la compresión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 300.03 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 143% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 87

Resistencia a la compresión del concreto (0% PAA, 42 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (0% PAA, 42 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
		f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 02/08/2023			
		% de PAA:		0	%		Fecha de rotura: 13/09/2023			
		Temperatura		22.5	°C		Tiempo de madurez		42	
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V2-B1	10.11	20.49	3.946	1.65E-03	2385.2	24041.283	80.28	299.47	143%
2	V2-B2	10.14	20.47	3.926	1.65E-03	2377.99	24050.355	80.75	297.84	142%
3	V2-B3	10.10	20.44	3.932	1.65E-03	2381.26	23793.622	80.12	296.97	141%
4	V2-B4	10.15	20.39	3.929	1.65E-03	2377.97	24134.723	80.91	298.29	142%
5	V2-B5	10.11	20.53	3.938	1.65E-03	2381.35	24273.522	80.28	302.36	144%
6	V2-B6	10.10	20.48	3.915	1.65E-03	2375.64	24455.829	80.12	305.24	145%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								300.03	143%	

7.5.4.1.3. Resistencia a la compresión a los 14 y 56 días

En la Tabla 88 se muestran los valores de resistencia a la compresión del concreto convencional para los periodos de 14 y 56 días, con la finalidad de analizar posteriormente el comportamiento de la curva de madurez del concreto antes y después de los 28 días a los que se considera teóricamente que el concreto alcanza su máxima madurez.

Tabla 88

Resistencia a la compresión del concreto (0% PAA; 14 y 56 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (0% PAA; 14 y 56 días)									
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39									
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		01/08/2023		
% de PAA:		0	%						
Temperatura		22.5	°C						
Nº	Muestra ID	Edad (días)	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Carga (Kg)	Área (cm2)	f'c (Kg/cm2)	f'c promedio (Kg/cm2)	% Evolución
1	V0-B4-14D	14	10.19	20.35	14013.270	81.55	171.84		
2	V0-B5-14D	14	10.12	20.36	14395.190	80.44	178.96	175.55	84%
3	V0-B6-14D	14	10.14	20.35	14199.240	80.75	175.84		
1	V0-B7-56D	56	10.12	20.38	24895.410	80.44	309.49		
2	V0-B8-56D	56	10.10	20.34	24499.830	80.12	305.79	306.53	146%
3	V0-B9-56D	56	10.13	20.37	24527.360	80.60	304.31		

7.5.4.2. CONCRETO CON 1.5% PAA

Se detallan los resultados de resistencia a la compresión (f'c) obtenidos para el concreto con adición de 1.5% de PAA, para los periodos de 14, 28, 42 y 56 días.

En el Anexo B2, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.4.2.1. Resistencia a la compresión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 243.85 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 116% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 89*Resistencia a la compresión del concreto (1.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (1.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
		f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 03/08/2023			
		% de PAA:		1.5	%		Fecha de rotura: 31/08/2023			
		Temperatura		22.5	°C		Tiempo de madurez 28			
N°	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V3-B1	10.13	20.45	3.876	1.65E-03	2351.78	19387.883	80.6	240.54	115%
2	V3-B2	10.17	20.51	3.898	1.65E-03	2365.15	19919.039	81.23	245.22	117%
3	V3-B3	10.14	20.44	3.890	1.65E-03	2358.14	19887.288	80.75	246.28	117%
4	V3-B4	10.16	20.47	3.894	1.65E-03	2363.5	19637.358	81.07	242.23	115%
5	V3-B5	10.15	20.45	3.883	1.65E-03	2350.49	20128.79	80.91	248.78	118%
6	V3-B6	10.10	20.38	3.884	1.65E-03	2353.79	19232.301	80.12	240.04	114%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								243.85	116%	

7.5.4.2.2. Resistencia a la compresión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 278.9 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 133% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 90*Resistencia a la compresión del concreto (1.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (1.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
		f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 04/08/2023			
		% de PAA:		1.5	%		Fecha de rotura: 15/09/2023			
		Temperatura		22.5	°C		Tiempo de madurez 42			
N°	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V4-B1	10.17	20.50	3.945	1.69E-03	2341	21854.119	81.23	269.04	128%
2	V4-B2	10.14	20.52	3.957	1.69E-03	2340.78	23355.906	80.75	289.24	138%
3	V4-B3	10.09	20.58	3.965	1.69E-03	2347	21699.545	79.96	271.38	129%
4	V4-B4	10.15	20.52	3.866	1.66E-03	2334.53	23185.57	80.91	286.56	136%
5	V4-B5	10.12	20.56	3.958	1.69E-03	2341.82	23200.324	80.44	288.42	137%
6	V4-B6	10.10	20.34	3.931	1.68E-03	2333.92	21530.648	80.12	268.73	128%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								278.9	133%	

7.5.4.2.3. Resistencia a la compresión a los 14 y 56 días

En la Tabla 91 se muestran los valores de resistencia a la compresión del concreto con adición de 1.5% de PAA para los periodos de 14 y 56 días, con la finalidad de analizar posteriormente el comportamiento de la curva de madurez del concreto antes y después de los 28 días a los que se considera teóricamente que el concreto alcanza su máxima madurez.

Tabla 91

Resistencia a la compresión del concreto (1.5% PAA; 14 y 56 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (1.5% PAA; 14 y 56 días)									
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39									
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		03/08/2023		
% de PAA:		1.5	%						
Temperatura		22.5	°C						
Nº	Muestra ID	Edad (días)	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Carga (Kg)	Área (cm2)	f'c (Kg/cm2)	f'c promedio (Kg/cm2)	% Evolución
1	VI.5-B4-14D	14	10.20	20.35	16480.810	81.71	201.7		
2	VI.5-B5-14D	14	10.12	20.43	18094.690	80.44	224.95	213.30	102%
3	VI.5-B6-14D	14	10.16	20.41	17287.750	81.07	213.24		
1	VI.5-B7-56D	56	10.01	20.50	23037.210	78.70	292.72		
2	VI.5-B8-56D	56	10.09	20.75	22903.420	79.96	286.44	289.07	138%
3	VI.5-B9-56D	56	10.10	20.63	23078.560	80.12	288.05		

7.5.4.3. CONCRETO CON 2.5% PAA

Se detallan los resultados de resistencia a la compresión (f'c) obtenidos para el concreto con adición de 2.5% de PAA, para los periodos de 14, 28, 42 y 56 días.

En el Anexo B3, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.4.3.1. Resistencia a la compresión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 211.52 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 101% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 92*Resistencia a la compresión del concreto (2.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (2.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
		f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 08/08/2023			
		% de PAA:		2.5	%		Fecha de rotura: 05/09/2023			
		Temperatura		22.5	°C		Tiempo de madurez 28			
N°	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V5-B1	10.16	20.47	3.844	1.67E-03	2299.07	17393.439	81.07	214.55	102%
2	V5-B2	10.10	20.54	3.871	1.68E-03	2303.27	17123.552	80.12	213.72	102%
3	V5-B3	10.13	20.50	3.865	1.68E-03	2299.94	16288.942	80.6	202.1	96%
4	V5-B4	10.08	20.36	3.818	1.66E-03	2303.81	17296.824	79.8	216.75	103%
5	V5-B5	10.13	20.54	3.873	1.68E-03	2305.74	17000.628	80.6	210.93	100%
6	V5-B6	10.15	20.50	3.870	1.68E-03	2302.41	17075.017	80.91	211.04	100%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								211.52	101%	

7.5.4.3.2. Resistencia a la compresión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 249.44 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 119% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 93*Resistencia a la compresión del concreto (2.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (2.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
		f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 09/08/2023			
		% de PAA:		2.5	%		Fecha de rotura: 20/09/2023			
		Temperatura		22.5	°C		Tiempo de madurez 42			
N°	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V6-B1	10.18	20.48	3.809	1.66E-03	2300.66	20617.571	81.39	253.32	121%
2	V6-B2	10.21	20.58	3.842	1.67E-03	2299.83	19930.832	81.87	243.44	116%
3	V6-B3	10.04	20.24	3.822	1.66E-03	2302.72	20633.9	79.17	260.63	124%
4	V6-B4	10.20	20.49	3.818	1.66E-03	2300.83	19601.071	81.71	239.89	114%
5	V6-B5	10.18	20.55	3.860	1.68E-03	2297.75	20637.529	81.39	253.56	121%
6	V6-B6	10.04	20.34	3.850	1.67E-03	2301.38	19457.736	79.17	245.77	117%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								249.44	119%	

7.5.4.3.3. Resistencia a la compresión a los 14 y 56 días

En la Tabla 94 se muestran los valores de resistencia a la compresión del concreto con adición de 2.5% de PAA para los periodos de 14 y 56 días, con la finalidad de analizar posteriormente el comportamiento de la curva de madurez del concreto antes y después de los 28 días a los que se considera teóricamente que el concreto alcanza su máxima madurez.

Tabla 94

Resistencia a la compresión del concreto (2.5% PAA; 14 y 56 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (2.5% PAA; 14 y 56 días)									
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39									
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		08/08/2023		
% de PAA:		2.5	%						
Temperatura		22.5	°C						
Nº	Muestra ID	Edad (días)	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Carga (Kg)	Área (cm2)	f'c (Kg/cm2)	f'c promedio (Kg/cm2)	% Evolución
1	V2.5-B4-14D	14	10.13	20.63	12042.410	80.60	149.41		
2	V2.5-B5-14D	14	10.14	20.60	11884.560	80.75	147.18	148.15	71%
3	V2.5-B6-14D	14	10.15	20.59	11963.490	80.91	147.86		
1	V2.5-B7-56D	56	10.13	20.39	20582.850	80.60	255.37		
2	V2.5-B8-56D	56	10.13	20.39	20876.540	80.6	259.01	258.32	123%
3	V2.5-B9-56D	56	10.13	20.53	21003.740	80.6	260.59		

7.5.4.4. CONCRETO CON 3.5% PAA

Se detallan los resultados de resistencia a la compresión (f'c) obtenidos para el concreto con adición de 2.5% de PAA, para los periodos de 14, 28, 42 y 56 días.

En el Anexo B4, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.4.4.1. Resistencia a la compresión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 203.8 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 97% respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 95*Resistencia a la compresión del concreto (3.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (3.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
f'c de diseño:			210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 10/08/2023				
% de PAA:			3.5	%		Fecha de rotura: 07/09/2023				
Temperatura			22.5	°C		Tiempo de madurez 28				
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V7-B1	10.17	20.50	3.869	1.68E-03	2299.24	16266.263	81.23	200.25	95%
2	V7-B2	10.13	20.50	3.869	1.68E-03	2300.17	16853.664	80.6	209.1	100%
3	V7-B3	10.12	20.51	3.876	1.69E-03	2296.75	16034.931	80.44	199.34	95%
4	V7-B4	10.15	20.48	3.853	1.68E-03	2296.13	15891.596	80.91	196.41	94%
5	V7-B5	10.15	20.44	3.850	1.68E-03	2292.79	16663.156	80.91	205.95	98%
6	V7-B6	10.14	20.46	3.864	1.68E-03	2298.67	17099.058	80.75	211.75	101%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								203.8	97%	

7.5.4.4.2. Resistencia a la compresión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del concreto de 224.89 kg/cm2 para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, esta resistencia representa una evolución de 107 respecto a la resistencia de diseño.

Tabla 96*Resistencia a la compresión del concreto (3.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (3.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
f'c de diseño:			210	kg/cm2		Fecha de moldeo: 11/08/2023				
% de PAA:			3.5	%		Fecha de rotura: 22/09/2023				
Temperatura			22.5	°C		Tiempo de madurez 42				
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Área	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm3)	(kg/cm3)	(Kg)	(cm2)	(Kg/cm2)	Evolución
1	V8-B1	10.14	20.49	3.775	1.64E-03	2299.94	18516.533	80.75	229.31	109%
2	V8-B2	10.14	20.46	3.800	1.65E-03	2296.59	18291.097	80.75	226.52	108%
3	V8-B3	10.12	20.45	3.794	1.65E-03	2297.2	18543.295	80.44	230.52	110%
4	V8-B4	10.12	20.32	3.773	1.64E-03	2296.21	17717.757	80.44	220.26	105%
5	V8-B5	10.13	20.49	3.800	1.65E-03	2297.54	18089.249	80.6	224.43	107%
6	V8-B6	10.13	20.51	3.808	1.66E-03	2300.02	17596.194	80.6	218.32	104%
Resistencia promedio f'c (kg/cm2)								224.89	107%	

7.5.4.4.3. Resistencia a la compresión a los 14 y 56 días

En la Tabla 97 se muestran los valores de resistencia a la compresión del concreto con adición de 3.5% de PAA para los periodos de 14 y 56 días, con la finalidad de analizar posteriormente el comportamiento de la curva de madurez del concreto antes y después de los 28 días a los que se considera teóricamente que el concreto alcanza su máxima madurez.

Tabla 97

Resistencia a la compresión del concreto (3.5% PAA; 14 y 56 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (3.5% PAA; 14 y 56 días)									
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39									
f'c de diseño:		210	kg/cm2		Fecha de moldeo:		10/08/2023		
% de PAA:		3.5	%						
Temperatura		22.5	°C						
Nº	Muestra ID	Edad (días)	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Carga (Kg)	Área (cm2)	f'c (Kg/cm2)	f'c promedio (Kg/cm2)	% Evolución
1	V3.5-B4-14D	14	10.15	20.39	11137.040	80.91	137.65		
2	V3.5-B5-14D	14	10.16	20.38	13282.980	81.07	163.85	159.85	76%
3	V3.5-B6-14D	14	10.12	20.36	14323.000	80.44	178.06		
1	V3.5-B7-56D	56	10.15	20.56	18975.410	80.91	234.52		
2	V3.5-B8-56D	56	10.17	20.53	18578.430	81.23	228.71	232.35	111%
3	V3.5-B9-56D	56	10.14	20.51	18881.320	80.75	233.82		

7.5.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

El ensayo de módulo de elasticidad (E) se realizó para la determinación de la capacidad de deformación elástica de especímenes cilíndricos de concreto bajo esfuerzos de compresión longitudinal y el ensayo de relación de Poisson (μ) para determinar la relación entre la deformación unitaria transversal y la deformación unitaria longitudinal de acuerdo a la Norma ASTM C469, Método de ensayo estándar para determinar el módulo de elasticidad estático y relación de Poisson a compresión.

Se consideró como valores finales de módulo de elasticidad y relación de Poisson al promedio de los resultados del ensayo de seis (06) muestras cilíndricas de concreto provenientes del mismo vaciado para cada tipo de diseño de mezcla y para cada periodo de evaluación propuesto (28 y 42 días).

7.5.5.1. CONCRETO CONVENCIONAL (0% PAA)

Se muestran los resultados de módulo de elasticidad y relación de Poisson obtenidos para el concreto convencional sin adición de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo C1 se detalla el procedimiento de obtención del resultado de cada muestra y su respectiva curva esfuerzo respecto a deformaciones unitarias.

7.5.5.1.1. *Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 28 días*

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 252261.68 kg/cm² y 0.230 respectivamente, para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 98

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (0% PAA, 28 días)

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN								
(0% PAA, 28 días)								
ASTM C 469								
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de Madurez:		28	
% de PAA:		0	%		Fecha de moldeo:		01/08/2023	
Temperatura:		22.5	°C		Fecha de rotura:		29/08/2023	
N°	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	E	μ
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg/cm ²)	(mm/mm)
1	V1-B1	10.13	20.38	3.948	30.8	0.13	242765.91	0.226
2	V1-B2	10.15	20.51	3.973	30.8	0.13	252972.41	0.229
3	V1-B3	10.14	20.54	3.969	30.9	0.13	258494.06	0.235
4	V4-B4	10.19	20.45	3.934	30.7	0.13	259635.10	0.236
5	V1-B5	10.12	20.48	3.959	30.8	0.13	252972.41	0.236
6	V1-B6	10.17	20.52	3.972	30.9	0.13	246730.18	0.233
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm²)					252261.68			
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)					0.230			

7.5.5.1.2. *Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 42 días*

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 259935.58 kg/cm² y 0.240 respectivamente, para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 99

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (0% PAA, 42 días)

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN								
(0% PAA, 42 días)								
ASTM C 469								
f' c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de Madurez:		42	
% de PAA:		0	%		Fecha de moldeo:		02/08/2023	
Temperatura:		22.5	°C		Fecha de rotura:		13/09/2023	
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/cm ³)	E (Kg/cm ²)	μ (mm/mm)
1	V2-B1	10.11	20.49	3.946	30.8	0.13	259880.80	0.238
2	V2-B2	10.14	20.47	3.926	30.8	0.13	259907.24	0.238
3	V2-B3	10.10	20.44	3.932	30.9	0.13	259296.53	0.236
4	V2-B4	10.13	20.52	3.906	30.7	0.13	259378.04	0.236
5	V2-B5	10.15	20.39	3.929	30.8	0.13	260055.63	0.241
6	V2-B6	10.11	20.53	3.938	30.9	0.13	261095.26	0.241
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm²)					259935.58			
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)					0.240			

7.5.5.2. CONCRETO CON 1.5% PAA

Se muestran los resultados de módulo de elasticidad y relación de Poisson obtenidos para el concreto con adición de 1.5% de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo C2 se detalla el procedimiento de obtención del resultado de cada muestra y su respectiva curva esfuerzo respecto a deformaciones unitarias.

7.5.5.2.1. *Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 28 días*

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 234418.89 kg/cm² y 0.220 respectivamente, para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 100*Módulo de elasticidad y relación de Poisson (1.5% PAA, 28 días)*

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN (1.5% PAA, 28 días) ASTM C 469									
f'c de diseño:			210	kg/cm2			Tiempo de Madurez:		28
% de PAA:			1.5	%			Fecha de moldeo:		03/08/2023
Temperatura:			22.5	°C			Fecha de rotura:		31/08/2023
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	E (Kg/cm2)	μ (mm/mm)	
1	V3-B1	10.13	20.45	3.876	30.8	0.13	231187.11	0.219	
2	V3-B2	10.17	20.51	3.898	30.8	0.13	236931.83	0.224	
3	V3-B3	10.14	20.55	3.905	30.9	0.13	234816.93	0.222	
4	V2-B4	10.16	20.62	3.889	30.7	0.13	235967.34	0.224	
5	V2-B5	10.15	20.59	3.924	30.8	0.13	234855.72	0.228	
6	V2-B6	10.14	20.44	3.890	30.9	0.13	232754.42	0.225	
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm2)						234418.89			
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)						0.220			

7.5.5.2.2. Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 252178.26 kg/cm2 y 0.230 respectivamente, para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 101*Módulo de elasticidad y relación de Poisson (1.5% PAA, 42 días)*

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN (1.5% PAA, 28 días) ASTM C 469									
f'c de diseño:			210	kg/cm2			Tiempo de Madurez:		42
% de PAA:			1.5	%			Fecha de moldeo:		04/08/2023
Temperatura:			22.5	°C			Fecha de rotura:		15/09/2023
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	E (Kg/cm2)	μ (mm/mm)	
1	V4-B1	10.17	20.50	3.945	30.8	0.13	247326.77	0.228	
2	V4-B2	10.14	20.52	3.957	30.8	0.13	256996.56	0.236	
3	V4-B3	10.10	20.57	3.961	30.9	0.13	249231.99	0.231	
4	V4-B4	10.14	20.39	3.931	30.7	0.13	255551.39	0.233	
5	V4-B5	10.09	20.58	3.965	30.8	0.13	255833.38	0.234	
6	V4-B6	10.15	20.52	3.866	30.9	0.13	248129.47	0.229	
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm2)						252178.26			
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)						0.230			

7.5.5.3. CONCRETO CON 2.5% PAA

Se muestran los resultados de módulo de elasticidad y relación de Poisson obtenidos para el concreto con adición de 2.5% de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo C3 se detalla el procedimiento de obtención del resultado de cada muestra y su respectiva curva esfuerzo respecto a deformaciones unitarias.

7.5.5.3.1. *Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 28 días*

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 220081.00 kg/cm² y 0.200 respectivamente, para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 102

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (2.5% PAA, 28 días)

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN								
(2.5% PAA, 28 días)								
ASTM C 469								
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de Madurez:		28	
% de PAA:		2.5	%		Fecha de moldeo:		08/08/2023	
Temperatura:		22.5	°C		Fecha de rotura:		05/09/2023	
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/cm ³)	E (Kg/cm ²)	μ (mm/mm)
1	V5-B1	10.16	20.47	3.844	30.8	0.12	224009.38	0.206
2	V5-B2	10.10	20.54	3.871	30.8	0.13	220947.51	0.204
3	V5-B3	10.14	20.39	3.846	30.9	0.12	212099.93	0.199
4	V5-B4	10.13	20.50	3.865	30.7	0.13	226175.93	0.206
5	V5-B5	10.08	20.36	3.818	30.8	0.12	219323.60	0.202
6	V4-B6	10.11	20.39	3.839	30.9	0.12	217929.63	0.204
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm²)						220081.00		
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)						0.200		

7.5.5.3.2. *Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 42 días*

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 239611.78 kg/cm² y 0.220 respectivamente, para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 103*Módulo de elasticidad y relación de Poisson (2.5% PAA, 42 días)*

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN								
(2.5% PAA, 42 días)								
ASTM C 469								
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de Madurez:		42	
% de PAA:		2.5	%		Fecha de moldeo:		09/08/2023	
Temperatura:		22.5	°C		Fecha de rotura:		20/09/2023	
N°	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	E	μ
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg/cm ²)	(mm/mm)
1	V6-B1	10.02	20.63	3.876	30.8	0.13	244357.31	0.222
2	V6-B2	10.02	20.62	3.932	30.8	0.13	232259.05	0.222
3	V6-B3	10.18	20.48	3.809	30.9	0.12	249000.56	0.219
4	V6-B4	10.21	20.58	3.842	30.7	0.13	229027.24	0.219
5	V6-B5	10.04	20.24	3.822	30.8	0.12	244957.47	0.223
6	V6-B6	10.20	20.49	3.818	30.9	0.12	238069.01	0.226

Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm²)	239611.78
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)	0.220

7.5.5.4. CONCRETO CON 3.5% PAA

Se muestran los resultados de módulo de elasticidad y relación de Poisson obtenidos para el concreto con adición de 3.5% de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo C4 se detalla el procedimiento de obtención del resultado de cada muestra y su respectiva curva esfuerzo respecto a deformaciones unitarias.

7.5.5.4.1. Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 214780.83 kg/cm² y 0.200 respectivamente, para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 104*Módulo de elasticidad y relación de Poisson (3.5% PAA, 28 días)*

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN (3.5% PAA, 28 días) ASTM C 469									
f'c de diseño:			210	kg/cm2			Tiempo de Madurez:		28
% de PAA:			3.5	%			Fecha de moldeo:		10/08/2023
Temperatura:			22.5	°C			Fecha de rotura:		07/09/2023
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	E (Kg/cm2)	μ (mm/mm)	
1	V7-B1	10.17	20.50	3.869	30.8	0.13	212333.69	0.191	
2	V7-B2	10.12	20.56	3.862	30.8	0.13	218797.55	0.199	
3	V7-B3	10.13	20.50	3.869	30.9	0.13	212313.48	0.191	
4	V7-B4	10.12	20.51	3.876	30.7	0.13	211133.41	0.188	
5	V7-B5	10.15	20.48	3.853	30.8	0.13	216040.81	0.200	
6	V7-B6	10.15	20.44	3.850	30.9	0.12	218066.07	0.203	
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm2)					214780.83				
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)					0.200				

7.5.5.4.2. Módulo de elasticidad y relación de Poisson a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de módulo de elasticidad (E) y relación de Poisson (μ) del concreto de 229276.03 kg/cm2 y 0.200 respectivamente, para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 105*Módulo de elasticidad y relación de Poisson (3.5% PAA, 42 días)*

MODULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN (3.5% PAA, 42 días) ASTM C 469									
f'c de diseño:			210	kg/cm2			Tiempo de Madurez:		42
% de PAA:			3.5	%			Fecha de moldeo:		11/08/2023
Temperatura:			22.5	°C			Fecha de rotura:		22/09/2023
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	E (Kg/cm2)	μ (mm/mm)	
1	V8-B1	10.14	20.49	3.775	30.8	0.12	237445.39	0.203	
2	V8-B2	10.14	20.46	3.800	30.8	0.12	232081.41	0.206	
3	V8-B3	10.12	20.45	3.794	30.9	0.12	238093.14	0.205	
4	V8-B4	10.12	20.32	3.773	30.7	0.12	222325.73	0.201	
5	V8-B5	10.13	20.49	3.800	30.8	0.12	227430.33	0.203	
6	V8-B6	10.10	20.30	3.762	30.9	0.12	218280.20	0.198	
Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm2)					229276.03				
Relación de Poisson (μ) (mm/mm)					0.200				

7.5.6. TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

Este ensayo se realizó para la determinación de la resistencia a la tracción indirecta de muestras cilíndricas de concreto de acuerdo a la Norma ASTM C496.

Se consideró como valor final de resistencia a la tracción indirecta de cilindros de concreto al promedio de los resultados del ensayo de seis (03) muestras cilíndricas de concreto provenientes del mismo vaciado para cada tipo de diseño de mezcla a los 28 días.

7.5.6.1. CONCRETO CONVENCIONAL (0% PAA)

Se muestran los resultados de la resistencia a la tracción obtenidos para el concreto convencional sin adición de PAA a los 28 y 42 días.

En el Anexo E1, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.6.1.1. Resistencia a tracción indirecta a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 29.83 kg/cm² para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 106

Resistencia a la tracción indirecta (0% PAA, 28 días)

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (0% PAA, 28días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		28		
% de PAA:		0	%		Fecha de moldeo:		01/08/2023		
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento:		29/08/2023		
N	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/cm ³)	Carga (Kg)	Tracción Indirecta (Kg/cm ²)	(kPa)
1	V1-B1-TI	10.08	20.41	3.880	1.63E-03	2382.2	9428.48	29.18	2917.55
2	V1-B2-TI	10.10	20.43	3.900	1.64E-03	2382.67	9932.00	30.64	3064.27
3	V1-B3-TI	10.09	20.41	3.870	1.63E-03	2371.35	9596.41	29.67	2966.57
Resistencia promedio f'c (kg/cm ²):								29.83	

7.5.6.1.2. Resistencia a tracción indirecta a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 31.72 kg/cm² para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 107*Resistencia a la tracción indirecta (0% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (0% PAA, 42 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		42		
% de PAA:		0	%		Fecha de moldeo:		01/08/2023		
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento:		12/09/2023		
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	(kPa)
1	V2-B1-TI	10.09	20.43	3.910	1.63E-03	2393.79	10385.44	32.07	3207.34
2	V2-B2-TI	10.10	20.43	3.939	1.64E-03	2406.28	9940.02	30.67	3066.74
3	V2-B3-TI	10.09	20.43	3.953	1.63E-03	2419.98	10497.93	32.42	3242.08
Resistencia promedio f'c (kg/cm²):								31.72	

7.5.6.2. CONCRETO CONVENCIONAL (1.5% PAA)

Se muestran los resultados de la resistencia a la tracción obtenidos para el concreto con adición de 1.5% de PAA a los 28 y 42 días.

En el Anexo E2, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.6.2.1. Resistencia a tracción indirecta a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 32.98 kg/cm² para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 108*Resistencia a la tracción indirecta (1.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (1.5% PAA, 28 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		28		
% de PAA:		1.5	%		Fecha de moldeo:		03/08/2023		
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento:		31/08/2023		
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	kPa
1	V3-B1-TI	10.13	20.45	3.980	30.8	0.13	11107.22	34.13	3413.37
2	V3-B2-TI	10.10	20.48	3.970	30.8	0.13	10680.8	32.87	3287.25
3	V3-B3-TI	10.15	20.50	3.405	30.9	0.11	10438.92	31.94	3193.86
Resistencia promedio f'c (kg/cm²):								32.98	

7.5.6.2.2. Resistencia a tracción indirecta a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 37.38 kg/cm² para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 109

Resistencia a la tracción indirecta (1.5% PAA, 42 días)

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (1.5% PAA, 42 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		42		
% de PAA:		1.5	%		Fecha de moldeo: 03/08/2023				
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento: 14/09/2023				
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	kPa
1	V4-B1-TI	10.16	20.60	4.008	30.8	0.13	12871.58	39.15	3915.17
2	V4-B2-TI	10.13	20.46	4.040	30.8	0.13	12140.39	37.29	3729.05
3	V4-B3-TI	10.18	20.44	3.940	30.9	0.13	11671.83	35.71	3571
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)								37.38	

7.5.6.3. CONCRETO CONVENCIONAL (2.5% PAA)

Se muestran los resultados de la resistencia a la tracción obtenidos para el concreto con adición de 2.5% de PAA a los 28 y 42 días.

En el Anexo E3, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.6.3.1. Resistencia a tracción indirecta a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 30.39 kg/cm² para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 110*Resistencia a la tracción indirecta (2.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (2.5% PAA, 28 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		28		
% de PAA:		2.5	%		Fecha de moldeo:		08/08/2023		
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento:		05/09/2023		
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	kPa
1	V5-B1-TI	10.12	20.43	3.890	30.8	0.13	10214.25	31.45	3145.12
2	V5-B2-TI	10.13	20.45	3.905	30.8	0.13	9864.81	30.32	3031.56
3	V5-B3-TI	10.13	20.46	3.703	30.9	0.12	9571.18	29.4	2939.89
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)								30.39	

7.5.6.3.2. Resistencia a tracción indirecta a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 35.7 kg/cm² para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 111*Resistencia a la tracción indirecta (2.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (2.5% PAA, 42 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		42		
% de PAA:		2.5	%		Fecha de moldeo:		08/08/2023		
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento:		19/09/2023		
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	kPa
1	V6-B1-TI	10.13	20.45	3.842	30.8	0.12	11852.81	36.42	3642.49
2	V6-B2-TI	10.17	20.51	3.816	30.8	0.12	12190.29	37.21	3720.55
3	V6-B3-TI	10.14	20.55	3.848	30.9	0.12	10956.97	33.48	3347.5
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)								35.7	

7.5.6.4. CONCRETO CONVENCIONAL (3.5% PAA)

Se muestran los resultados de la resistencia a la tracción obtenidos para el concreto con adición de 3.5% de PAA a los 28 y 42 días.

En el Anexo E4, se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.6.4.1. Resistencia a tracción indirecta a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 29.75 kg/cm² para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado.

Tabla 112

Resistencia a la tracción indirecta (3.5% PAA, 28 días)

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (3.5% PAA, 28 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		28		
% de PAA:		3.5	%		Fecha de moldeo:		10/08/2023		
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento:		07/09/2023		
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	kPa
1	V7-B1-TI	10.14	20.43	3.846	30.8	0.12	9383.89	28.84	2883.74
2	V7-B2-TI	10.12	20.42	3.851	30.8	0.13	9741.44	30.01	3001.01
3	V7-B3-TI	10.11	20.46	3.877	30.9	0.13	9881.31	30.41	3041.15
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)								29.75	

7.5.6.4.2. Resistencia a tracción indirecta a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de tracción indirecta del concreto de 32.61 kg/cm² para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado.

Tabla 113*Resistencia a la tracción indirecta (3.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO (3.5% PAA, 42 días)									
NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496									
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		Tiempo de madurez::		42		
% de PAA:		3.5	%		Fecha de moldeo: 10/08/2023				
Temperatura		22.5	°C		Fecha de dimensionamiento: 21/09/2023				
N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	kPa
1	V8-B1-TI	10.11	20.41	3.843	30.8	0.12	10712.03	33.05	3304.9
2	V8-B2-TI	10.13	20.43	3.833	30.8	0.12	10009.41	30.79	3079.01
3	V8-B3-TI	10.12	20.56	3.849	30.9	0.12	11112.1	34	3399.95
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)								32.61	

7.5.7. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS

Este ensayo se realizó para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto de acuerdo a la Norma NTP 339.078, Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, se obtuvieron como resultado valores de Módulo de Rotura del concreto.

Se consideró como valor final del módulo de rotura del concreto al promedio de los resultados obtenidos del ensayo de tres (03) vigas de concreto provenientes del mismo vaciado para cada tipo de diseño de mezcla y para cada periodo de evaluación propuesto (28 y 42 días).

Con la finalidad de obtener un porcentaje de evolución del módulo de rotura para cada periodo de evaluación, se consideró para la presente investigación un valor patrón de módulo de rotura de 2.8 MPa a los 28 días.

7.5.7.1. CONCRETO CONVENCIONAL (0% PAA)

Se detallan los resultados de resistencia a la flexión obtenidos para el concreto convencional sin adición de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo D1 se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.7.1.1. Resistencia a la flexión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 2.91 Mpa para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 104%.

Tabla 114

Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 28 días)

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (0% PAA, 28 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura			2.80	Mpa		Tiempo de madurez:			28	
% de PAA:			0	%		Fecha de moldeo:			01/08/2023	
Temperatura			22.5	°C		Fecha de rotura:			29/08/2023	
N°	Muestra	Bprom	Hprom	Peso	Luz Libre	Edad	Carga		Módulo de rotura (Mr)	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Días	(Kg)	(N)	(kg/cm ²)	(Mpa)
1	V1-VG1	15.09	15.39	34.90	45	28	2253.90	22103.20	28.39	2.78
2	V1-VG2	15.15	15.36	35.00	45	28	2336.91	22917.22	29.43	2.89
3	V1-VG3	15.12	15.31	34.70	45	28	2447.58	24002.58	31.11	3.05
Módulo de rotura Mr (Mpa)							2.91		104%	

7.5.7.1.2. Resistencia a la flexión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 3.59 Mpa para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 128%.

Tabla 115

Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 42 días)

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (0% PAA, 42 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura			2.80	Mpa		Tiempo de madurez:			42	
% de PAA:			0	%		Fecha de moldeo:			02/08/2023	
Temperatura			22.5	°C		Fecha de rotura:			13/09/2023	
N°	Muestra	Bprom	Hprom	Peso	Luz Libre	Edad	Carga		Módulo de rotura (Mr)	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Días	(Kg)	(N)	(kg/cm ²)	(Mpa)
1	V2-VG1	15.22	15.09	35.65	45	42	2822.70	27681.26	36.66	3.60
2	V2-VG2	15.14	15.08	35.70	45	42	2704.32	26520.28	35.35	3.47
3	V2-VG3	15.20	15.18	35.70	45	42	2922.04	28655.42	37.58	3.69
Módulo de rotura Mr (Mpa)							3.59		128%	

7.5.7.2. CONCRETO CON 1.5% PAA

Se detallan los resultados de resistencia a la flexión obtenidos para el concreto con adición de 1.5% de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo D2 se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.7.2.1. Resistencia a la flexión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 3.57 Mpa para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 128%.

Tabla 116

Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 28 días)

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (1.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura		2.80	Mpa		Tiempo de madurez:		28			
% de PAA:		1.5	%		Fecha de moldeo:		03/08/2023			
Temperatura		22.5	°C		Fecha de rotura:		31/08/2023			
Nº	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (Kg)	(N)	Módulo de rotura (Mr) (kg/cm ²)	(Mpa)
1	V3-VG1	15.40	15.25	35.50	45	28	2871.24	28157.22	36.11	3.54
2	V3-VG2	15.52	15.18	35.80	45	28	2996.88	29389.38	37.72	3.7
3	V3-VG3	15.20	15.33	35.50	45	28	2814.54	27601.19	35.46	3.48
Módulo de rotura Mr (Mpa)							3.57	128%		

7.5.7.2.2. Resistencia a la flexión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 4.36 Mpa para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 156%.

Tabla 117*Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (1.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura			2.80	Mpa		Tiempo de madurez:			42	
% de PAA:			1.5	%		Fecha de moldeo:			01/08/2023	
Temperatura			22.5	°C		Fecha de rotura:			12/09/2023	
Nº	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (Kg) (N)		Módulo de rotura (Mr) (kg/cm ²) (Mpa)	
1	V4-VG1	15.19	15.38	35.40	45	42	3578.39	35091.99	44.84	4.4
2	V4-VG2	15.21	15.17	35.10	45	42	3603.33	35336.64	46.36	4.55
3	V4-VG3	15.13	15.45	35.60	45	42	3366.56	33014.67	41.99	4.12
Módulo de rotura Mr (Mpa)								4.36	156%	

7.5.7.3. CONCRETO CON 2.5% PAA

Se detallan los resultados de resistencia a la flexión obtenidos para el concreto con adición de 2.5% de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo D3 se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.7.3.1. Resistencia a la flexión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 3.19 Mpa para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 114%.

Tabla 118*Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (2.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura			2.80	Mpa		Tiempo de madurez:			28	
% de PAA:			2.5	%		Fecha de moldeo:			08/08/2023	
Temperatura			22.5	°C		Fecha de rotura:			05/09/2023	
Nº	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (Kg) (N)		Módulo de rotura (Mr) (kg/cm ²) (Mpa)	
1	V5-VG1	15.19	15.44	34.80	45	28	2741.51	26885.03	34.08	3.34
2	V5-VG2	15.15	15.27	34.50	45	28	2639.45	25884.18	33.63	3.3
3	V5-VG3	15.22	15.37	35.00	45	28	2394.97	23486.59	29.98	2.94
Módulo de rotura Mr (Mpa)								3.19	114%	

7.5.7.3.2. Resistencia a la flexión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 3.70 Mpa para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 132%.

Tabla 119

Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 42 días)

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (2.5% PAA, 42 días)											
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78											
Módulo de rotura		2.80	Mpa		Tiempo de madurez:		42				
% de PAA:		2.5	%		Fecha de moldeo:		09/08/2023				
Temperatura		22.5	°C		Fecha de rotura:		20/09/2023				
N°	Muestra	Bprom	Hprom	Peso	Luz Libre	Edad	Carga		Módulo de rotura (Mr)		
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Días	(Kg)	(N)	(kg/cm ²)	(Mpa)	
1	V6-VG1	15.22	15.46	34.90	45	42	2896.18	28401.87	35.85	3.52	
2	V6-VG2	15.16	15.33	34.60	45	42	3115.27	30550.36	39.37	3.86	
3	V6-VG3	15.15	15.67	35.10	45	42	3135.23	30746.08	37.96	3.72	
Módulo de rotura Mr (Mpa)							3.70	132%			

7.5.7.4. CONCRETO CON 3.5% PAA

Se detallan los resultados de resistencia a la flexión obtenidos para el concreto con adición de 3.5% de PAA, para los periodos de 28 y 42 días.

En el Anexo D4 se muestran formatos resumen de estos resultados, gráfica comparativa y curva carga respecto a la posición de la muestra durante el ensayo.

7.5.7.4.1. Resistencia a la flexión a los 28 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 3.18 Mpa para un tiempo de madurez de 28 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 114%.

Tabla 120*Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 28 días)*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (3.5% PAA, 28 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura			2.80	Mpa		Tiempo de madurez:			28	
% de PAA:			3.5	%		Fecha de moldeo:			10/08/2023	
Temperatura			22.5	°C		Fecha de rotura:			07/09/2023	
N°	Muestra	Bprom	Hprom	Peso	Luz Libre	Edad	Carga		Módulo de rotura (Mr)	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Días	(Kg)	(N)	(kg/cm ²)	(Mpa)
1	V7-VG1	15.17	15.23	34.30	45	28	2602.26	25519.43	33.3	3.27
2	V7-VG2	15.22	15.29	34.70	45	28	2572.32	25225.84	32.56	3.19
3	V7-VG3	15.14	15.17	34.40	45	28	2423.09	23762.38	31.32	3.07
Módulo de rotura Mr (Mpa)							3.18	114%		

7.5.7.4.2. Resistencia a la flexión a los 42 días

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la flexión del concreto de 3.36 Mpa para un tiempo de madurez de 42 días desde su vaciado, este resultado representa una evolución de 120%.

Tabla 121*Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 42 días)*

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO (3.5% PAA, 42 días)										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura			2.80	Mpa		Tiempo de madurez:			42	
% de PAA:			3.5	%		Fecha de moldeo:			11/08/2023	
Temperatura			22.5	°C		Fecha de rotura:			22/09/2023	
N°	Muestra	Bprom	Hprom	Peso	Luz Libre	Edad	Carga		Módulo de rotura (Mr)	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Días	(Kg)	(N)	(kg/cm ²)	(Mpa)
1	V8-VG1	15.22	15.46	34.70	45	42	2780.97	27272.02	34.42	3.38
2	V8-VG2	15.16	15.33	34.70	45	42	2987.81	29300.41	37.76	3.7
3	V8-VG3	15.15	15.67	34.50	45	42	2533.31	24843.30	30.67	3.01
Módulo de rotura Mr (Mpa)							3.36	120%		

7.6. REFRENTADO DE CILÍNDROS DE CONCRETO (CAPPING)

Se ensayaron muestras cúbicas de 50*50*50mm de mortero de Yeso-piedra Tipo III para la determinación de su resistencia a la compresión de acuerdo a la Norma NTP 334.051.

Se consideró como valor final de la resistencia a la compresión del mortero al promedio de los resultados obtenidos del ensayo de tres (03) muestras cúbicas de mortero provenientes de una misma tanda y para periodos de evaluación de 10, 15, 30 y 60 minutos.

7.6.1. Resistencia a la compresión de mortero a los 10 minutos

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del mortero de capping de 37.47 kg/cm² para un tiempo de madurez de 10 minutos desde su preparación, este resultado representa una evolución de 11% respecto a la resistencia máxima indicada en sus especificaciones.

Tabla 122

Resistencia a la compresión de mortero a los 10 minutos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO YESO-PIEDRA (10 min.)								
NTP 334.051 / MTC E 703-704 / ASTM C109								
Resistencia a la compresión:		326.31		kg/cm ²				
Relación de mezcla:		30/100		ml/gr		Fecha de moldeo: 26/07/2023		
Tiempo de fraguado:		10		min		Fecha de rotura: 26/07/2023		
Nº	Muestra	Dprom	Bprom	Hprom	Área	Carga	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(Kg)	(Kg/cm ²)	Evolución
1	D1	5.00	5.00	5.000	25	1680.00	67.2	21%
2	D2	5.00	5.00	5.000	25	650.00	26	8%
3	D3	5.00	5.00	5.000	25	480.00	19.2	6%
Resistencia promedio f'c (kg/cm ²)						37.47	11%	

Resistencia a la compresión de mortero a los 15 minutos

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del mortero de capping de 122.67 kg/cm² para un tiempo de madurez de 15 minutos desde su preparación, este resultado representa una evolución de 38% respecto a la resistencia máxima indicada en sus especificaciones.

Tabla 123*Resistencia a la compresión de mortero a los 15 minutos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO YESO-PIEDRA (15 min.)								
NTP 334.051 / MTC E 704 / ASTM C109								
Resistencia a la compresión:			326.31	kg/cm ²				
Relación de mezcla:			30/100	ml/gr	Fecha de moldeo:		26/07/2023	
Tiempo de fraguado:			15	min	Fecha de rotura:		26/07/2023	
N°	Muestra	Dprom	Bprom	Hprom	Área	Carga	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(Kg)	(Kg/cm ²)	Evolución
1	D4	5.00	5.00	5.000	25	4590.00	183.6	56%
2	D5	5.00	5.00	5.000	25	2210.00	88.4	27%
3	D6	5.00	5.00	5.000	25	2400.00	96	29%
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)						122.67	38%	

7.6.2. Resistencia a la compresión de mortero a los 30 minutos

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del mortero de capping de 267.47 kg/cm² para un tiempo de madurez de 30 minutos desde su preparación, este resultado representa una evolución de 82% respecto a la resistencia máxima indicada en sus especificaciones.

Tabla 124*Resistencia a la compresión de mortero a los 30 minutos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO YESO-PIEDRA (30 min.)								
NTP 334.051 / MTC E 704 / ASTM C109								
Resistencia a la compresión:			326.31	kg/cm ²				
Relación de mezcla:			30/100	ml/gr	Fecha de moldeo:		26/07/2023	
Tiempo de fraguado:			30	min	Fecha de rotura:		26/07/2023	
N°	Muestra	Dprom	Bprom	Hprom	Área	Carga	f'c	%
	ID	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(Kg)	(Kg/cm ²)	Evolución
1	D7	5.00	5.00	5.000	25	6350.00	254	78%
2	D8	5.00	5.00	5.000	25	6180.00	247.2	76%
3	D9	5.00	5.00	5.000	25	7530.00	301.2	92%
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)						267.47	82%	

7.6.3. Resistencia a la compresión de mortero a los 60 minutos

Se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión del mortero de capping de 325.47 kg/cm² para un tiempo de madurez de 60 minutos desde su preparación, este resultado representa una evolución de 100% respecto a la resistencia máxima indicada en sus especificaciones.

Tabla 125

Resistencia a la compresión de mortero a los 60 minutos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO YESO-PIEDRA (60 min.)								
NTP 334.051 / MTC E 704 / ASTM C109								
Resistencia a la compresión:		326.31	kg/cm ²					
Relación de mezcla:		30/100	ml/gr		Fecha de moldeo:		26/07/2023	
Tiempo de fraguado:		60	min		Fecha de rotura:		26/07/2023	
N°	Muestra ID	Dprom (cm)	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	% Evolución
1	D10	5.00	5.00	5.000	25	7550.00	302	93%
2	D11	5.00	5.00	5.000	25	8070.00	322.8	99%
3	D12	5.00	5.00	5.000	25	8790.00	351.6	108%
Resistencia promedio f'c (kg/cm²)						325.47	100%	

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. INTRODUCCIÓN

Se analizarán los valores obtenidos de los ensayos realizados en la presente investigación, así mismo, se interpretarán gráficas comparativas de dichos valores.

8.2. DEL POLIMERO ABSORBENTE DE AGUA

De la Tabla 126, el PAA posee una absorción de 4513.8% con respecto a su peso, así mismo, durante la hidratación del PAA se observó que a los 90 minutos alcanza su hidratación máxima, luego de ello a los 120 minutos disminuye un 2.87% de la hidratación máxima y este valor se mantiene constante mientras continúe sumergido en agua.

Para la presente investigación se utilizó el PAA hidratado durante 24 horas de saturación en agua, sin embargo, de acuerdo al párrafo anterior se puede hacer el uso del PAA hidratado a partir de los 90 minutos de hidratación puesto que para este tiempo ya se logró una hidratación máxima del PAA.

En cuanto a la desorción del PAA, en la Tabla 128 se observa que los porcentajes de disminución de volumen en diferentes tiempos son menores a los porcentajes de incremento de volumen durante el proceso de hidratación, de acuerdo a lo mencionado se puede indicar que la desorción del PAA en el concreto será lenta y de esta manera el tiempo de hidratación del concreto será mayor mejorando así su curado interno.

Tabla 126

Humedad, peso unitario, % vacíos, peso específico y absorción del PAA

Ensayo	Unidad	Valores obtenidos
Determinación del contenido de humedad del PAA (en estado seco)	%	24.1
Peso unitario y vacíos	kg/cm ³	655.81
	%	35.2
Peso específico y absorción	g/cm ³	1.01
	%	4513.8

Tabla 127*Capacidad de absorción del PAA*

Ensayo	Unidad	Tiempo	Valores obtenidos
Capacidad de absorción	Variación de volumen	30 min	2559.33
		60 min	4342
		90 min	5291.33
		120 min	4827
	Variación de peso	30 min	2385
		60 min	3566.67
		90 min	3899.67
		120 min	3661.67

Tabla 128*Desorción del PAA*

DESORCIÓN DE AGUA DEL PAA HIDRATADO									
	Inicio	+30min	+90min	+100min	+120min	+150min	+180min	+300min	+24hrs
Nº de esfera de PAA	MEDICIONES DIÁMETRO (mm)								
	1ra Medición	2da Medición	3ra Medición	4ta Medición	5ta Medición	6ta Medición	7ma Medición	8va Medición	9na Medición
Variación de Volumen (%)	0%	-43%	-64%	-74%	-78%	-81%	-85%	-87%	-91%

8.3. DE LOS AGREGADOS

En la Figura 43, Figura 44 y Figura 45, se aprecia que las muestras de M1, M2 y M3 de agregado fino se encuentran dentro del huso granulométrico de acuerdo a los estándares mencionados en la Norma NTP 400.037, y su módulo de fineza promedio de acuerdo a la Tabla 31 es 2.71, siendo este valor mayor a 2.3 y menor a 3.1, de esta manera el módulo de fineza del agregado fino se encuentra dentro del rango establecido en la Norma NTP 400.037.

En la Figura 46, Figura 47 y Figura 48, se aprecia que las muestras de M1, M2 y M3 de agregado grueso se encuentran dentro del huso granulométrico N°06 de acuerdo a los estándares mencionados en la Norma NTP 400.037, y su módulo de fineza promedio de acuerdo a la Tabla 43 es 7.05.

8.4. DEL DISEÑO DE MEZCLA

En la Tabla 129, se presentan un resumen de los diseños de mezcla patrón y con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA, la única de diferencia entre cada dosificación es la cantidad de PAA puesto que se realiza una adición de este en porcentaje de peso del cemento y los demás materiales se mantienen constantes, por lo tanto, el peso unitario del concreto fresco incrementa proporcionalmente a la adición del PAA.

Tabla 129

Diseño de mezcla para cada tipo de diseño de concreto

Componentes	Unidad	DMCP+3.5	DMCP+3.5	DMCP+3.5	DMCP+3.5
		%PAA	%PAA	%PAA	%PAA
Cemento	bol	8.50	8.50	8.50	8.50
Agregado Fino	kg	788.14	788.14	788.14	788.14
Agregado Grueso	kg	877.99	877.99	877.99	877.99
a/c		0.56	0.56	0.56	0.56
Agua	l	235.81	235.81	235.81	235.81
PAA	kg	0.00	5.80	9.67	13.54

8.5. DE LOS ENSAYOS PARA EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

8.5.1. DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO

De acuerdo a la Tabla 130, la temperatura del concreto en estado fresco desciende cuando se incrementa el porcentaje de adición del PAA.

Tabla 130

Temperatura de concreto en estado fresco

Ensayo	Unidad	DMCP+0%P	DMCP+1.5%	DMCP+2.5%	DMCP+3.5%
		AA	PAA	PAA	PAA
Temperatura de Concreto	°C	19.3	18.8	18.4	17.7

8.5.2. DEL ASENTAMIENTO O SLUMP

De acuerdo a la Tabla 131, el asentamiento del concreto en estado fresco aumenta cuando se incrementa el porcentaje de adición del PAA, mejorando así la trabajabilidad del concreto.

Tabla 131

Asentamiento del concreto en estado fresco

Ensayo	Unidad	DMCP+0%P	DMCP+1.5%	DMCP+2.5%	DMCP+3.5%
		AA	PAA	PAA	PAA
SLUMP	pulg	3.1	3.4	3.6	4
	mm	79	87	92	102

8.5.3. DEL CONTENIDO DE AIRE

En la Tabla 132, se aprecia que el contenido de aire del concreto en estado fresco disminuye cuando se incrementa el porcentaje de adición del PAA, ello se debe a que la presencia del PAA en el concreto proporciona mayor trabajabilidad, de esta manera el desplazamiento de aire atrapado durante el vibrado será mayor reduciendo así el contenido de aire en la mezcla.

Tabla 132

Contenido de aire en el concreto en estado fresco

Ensayo	Unidad	DMCP+0%P	DMCP+1.5%	DMCP+2.5%	DMCP+3.5%
		AA	PAA	PAA	PAA
Contenido de Aire	%	0.73	0.58	0.5	0.33

8.6. DE LOS ENSAYOS PARA EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

8.6.1. DEL CAMBIO VOLUMÉTRICO EN MUESTRAS CÚBICAS

En la Tabla 133, se observa que el volumen concreto para cada diseño propuesto presenta un decremento a los 28 y 42 días, así mismo en el Anexo F dónde se presentan mediciones diarias se observa que, desde el día 1 hasta los 42 días la variación de volumen presenta una tendencia negativa que se interpreta como contracción del concreto.

En la Tabla 134, se puede apreciar la comparación del cambio volumétrico que presentan el concreto con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA con respecto al concreto patrón, en el cual se visualiza que el concreto con adición de PAA presenta una contracción menor a la del concreto

patrón, siendo el concreto con 3.5% de adición de PAA el que presenta una variación volumétrica de 0.14% que es el menor valor respecto a los demás.

Se puede mencionar que la adición de PAA disminuye la contracción del concreto con respecto al cambio volumétrico del concreto patrón, esto quiere decir que el PAA reduce la pérdida de humedad que se desarrolla durante la evaporación del agua en el proceso de fraguado.

Tabla 133

Cambio volumétrico del concreto

CAMBIO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO					
Diseños	Volumen inicial (mm ³)	Volumen a 28 días (mm ³)	Variación de volumen (%)	Volumen a 42 días (mm ³)	Variación de volumen (%)
DMCP+0%PAA	3.53E+06	3.51E+06	-0.48%	3.51E+06	-0.52%
DMCP+1.5%PAA	3.57E+06	3.56E+06	-0.25%	3.56E+06	-0.27%
DMCP+2.5%PAA	3.59E+06	3.57E+06	-0.33%	3.57E+06	-0.29%
DMCP+3.5%PAA	3.58E+06	3.58E+06	-0.13%	3.58E+06	-0.14%

Figura 53

Cambio volumétrico del concreto

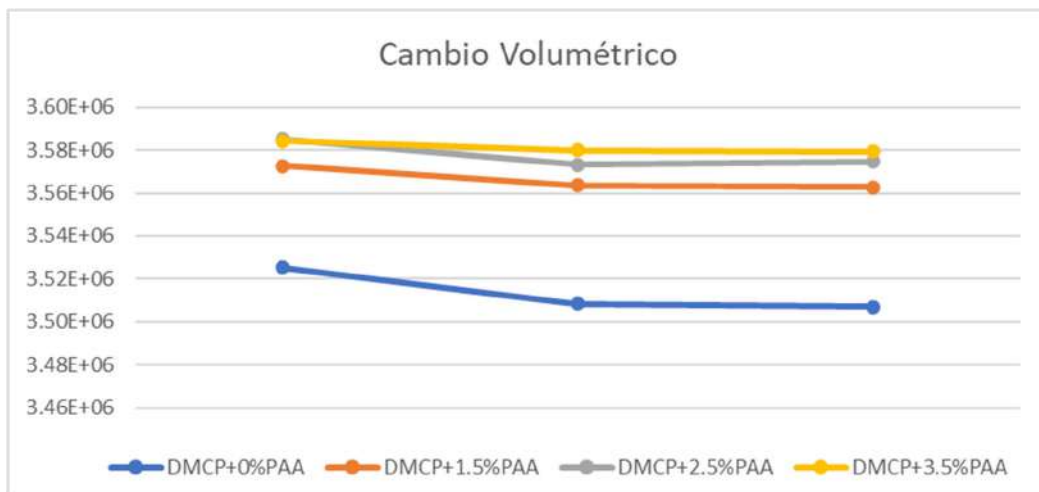


Tabla 134*Comparación del cambio volumétrico de concreto con y sin adición de PAA*

CAMBIO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO				
	DMCP+0%PAA	DMCP+1.5%PAA	DMCP+2.5%PAA	DMCP+3.5%PAA
Variación de volumen a los 28 días	-0.48%	-0.25%	-0.33%	-0.13%
Incidencia a los 28 días con respecto al DMCP+0%PAA	-	52.35%	69.10%	26.15%
Variación de volumen a los 42 días	-0.52%	-0.27%	-0.29%	-0.14%
Incidencia a los 42 días con respecto al DMCP+0%PAA	-	52.22%	55.02%	26.93%

8.6.2. DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

En la Figura 54 donde se muestran los resultados promedio de cada tipo de diseño de mezcla de concreto para distintos periodos de evaluación; se observa que, el concreto patrón y los que tienen adición de 1.5% y 2.5% de PAA superan resistencia a la compresión de diseño $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

También se observa que la resistencia del concreto con adición de 1.5% de PAA supera la resistencia del concreto patrón a los 14 días; sin embargo, para los periodos de 28, 42 y 56 días, la resistencia del concreto patrón es superior a los demás concretos con adición de PAA. Cabe resaltar que, la resistencia a la compresión del concreto para cada tipo de diseño presenta un incremento durante el tiempo de evaluación.

Por otro lado, se aprecia que, a partir de los 28 días la resistencia a la compresión del concreto disminuye conforme se incrementa la adición de PAA. Esto se debe a que cuanto mayor sea la adición de PAA, este generará vacíos después que haya liberado toda el agua que poseía inicialmente cuando se encontraba en estado hidratado.

Tabla 135

Resumen de las resistencias a la compresión promedio

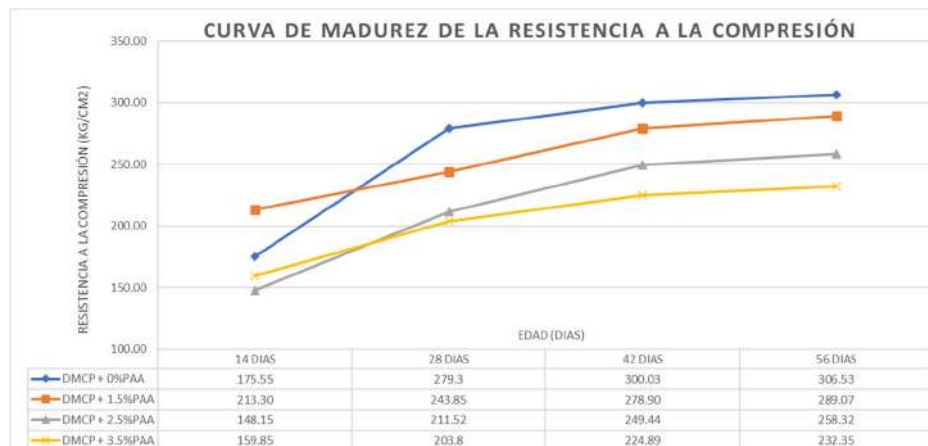
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39					
f'c de diseño:		210	kg/cm2		
Temperatura		22.5	°C		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c)					
Nº	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	14 DIAS	28 DIAS	42 DIAS	56 DIAS
		(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)
1	DMCP + 0%PAA	175.55	279.3	300.03	306.53
2	DMCP + 1.5%PAA	213.30	243.85	278.90	289.07
3	DMCP + 2.5%PAA	148.15	211.52	249.44	258.32
4	DMCP + 3.5%PAA	159.85	203.8	224.89	232.35

DMCP: Diseño de mezcla de concreto patrón

Nota: La tabla presenta el promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión de cada tipo de diseño de mezcla de concreto para diferentes periodos.

Figura 54

Curvas de madurez de la resistencia a la compresión



Nota: El gráfico representa el crecimiento de la curva de madurez del concreto de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 135.

8.6.3. DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

De los resultados mostrados en la *Nota*: La tabla presenta el promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de módulo de elasticidad y relación de Poisson de cada tipo de diseño de mezcla de concreto para diferentes periodos.

Figura 55 se observa que, los valores obtenidos de módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto patrón son superiores a los valores que presentan los concretos con adición de PAA.

También se observa que, a los 28 y 42 días el módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto disminuye conforme se incrementa la adición de PAA, esto se debe a que, el PAA luego de liberar el agua absorbida inicialmente deja espacios vacíos que generan mayor deformación.

Cabe resaltar que, el módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto patrón y concreto con adición de PAA presenta un incremento durante el tiempo de evaluación.

Por otro lado, se aprecia que los valores obtenidos para el módulo de elasticidad estático y relación de Poisson son directamente proporcionales a la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 136

Resumen de módulos estáticos de elasticidad y relación de Poisson promedio

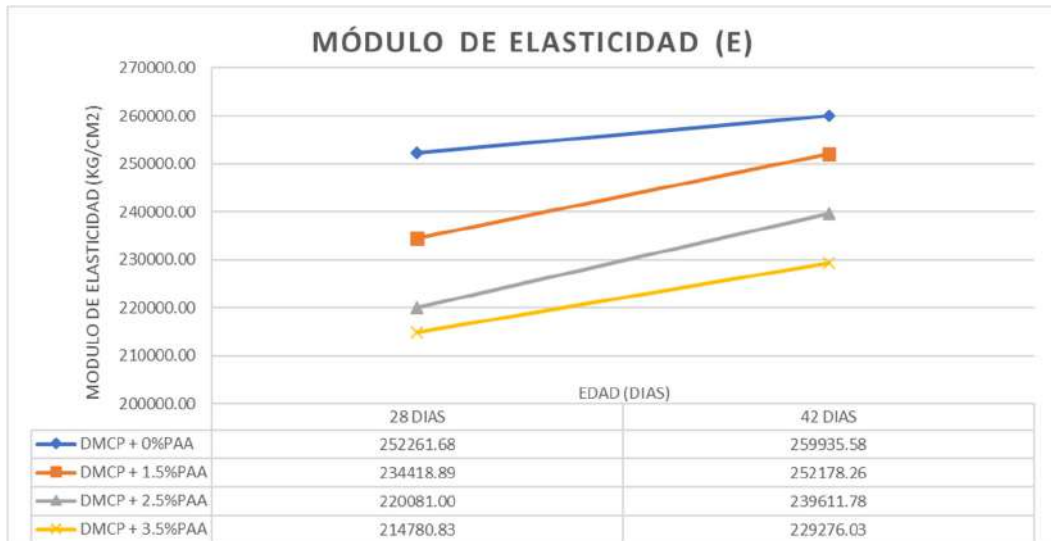
MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN					
ASTM C 469					
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		
Temperatura		22.5	°C		
Nº	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Módulo de Elasticidad (E)		Relación de Poisson (μ)	
		28 DIAS (Kg/cm ²)	42 DIAS (Kg/cm ²)	28 DIAS (mm/mm)	42 DIAS (mm/mm)
1	DMCP + 0%PAA	252261.68	259935.58	0.23	0.24
2	DMCP + 1.5%PAA	234418.89	252178.26	0.22	0.23
3	DMCP + 2.5%PAA	220081.00	239611.78	0.20	0.22
4	DMCP + 3.5%PAA	214780.83	229276.03	0.20	0.20

DMCP: Diseño de mezcla de concreto patrón

Nota: La tabla presenta el promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de módulo de elasticidad y relación de Poisson de cada tipo de diseño de mezcla de concreto para diferentes periodos.

Figura 55

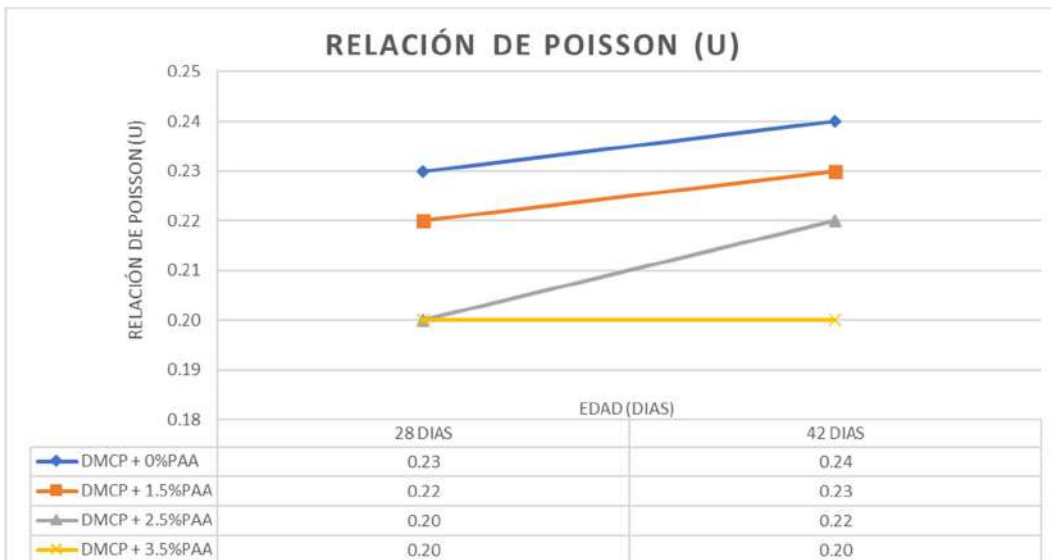
Resumen de los módulos de elasticidad promedio



Nota: El gráfico representa el crecimiento de los valores de módulo de elasticidad del concreto de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 136.

Figura 56

Resumen de las relaciones de Poisson promedio



Nota: El gráfico representa los valores de relación de Poisson del concreto de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 136.

8.6.4. DE LA TRACCIÓN INDIRECTA

De los resultados mostrados en la Figura 57 se observa que, los valores obtenidos de tracción indirecta del concreto patrón son inferiores a los valores que presentan los concretos con adición de PAA a los 28 y 42 días.

También se observa que, a los 28 y 42 días los resultados de la resistencia a la tracción indirecta del diseño de mezcla con adición de 1.5% de PAA son superiores a los obtenidos de los demás tipos de concreto propuestos, estos resultados disminuyen conforme se incrementa la adición de PAA, además el concreto patrón presenta resultados inferiores que todos los concretos con adición de PAA.

Esto se debe a que la adición del 1.5% de PAA reduce la contracción del concreto y mejora la hidratación durante el fraguado del concreto mejorando sus propiedades de tensión a tracción indirecta.

Cabe resaltar que, la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón y con adición de PAA presenta un incremento durante el tiempo de evaluación, debido a que estos valores están estrechamente relacionados al incremento de la resistencia a la compresión.

Tabla 137

Resumen de las resistencias a la tracción indirecta promedio

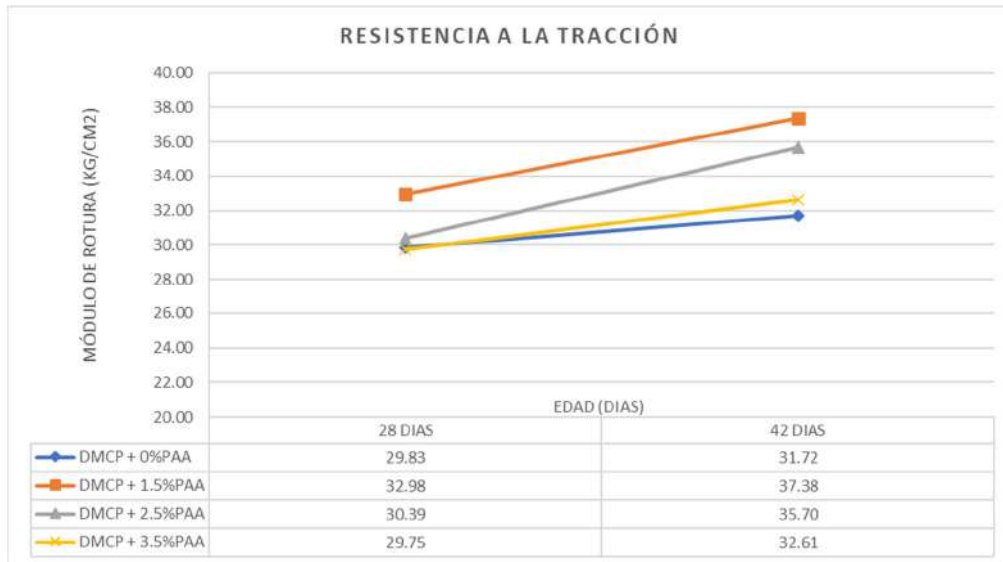
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO					
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78					
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		
Temperatura		22.5	°C		
Tracción Indirecta					
N°	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	28 DIAS	42 DIAS	28 DIAS	42 DIAS
		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(kPa)	(kPa)
1	DMCP + 0%PAA	29.83	31.72	2982.80	3172.05
2	DMCP + 1.5%PAA	32.98	37.38	3298.16	3738.41
3	DMCP + 2.5%PAA	30.39	35.70	3038.86	3570.18
4	DMCP + 3.5%PAA	29.75	32.61	2975.30	3261.29

DMCP: Diseño de mezcla de concreto patrón

Nota: La tabla presenta el promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de tracción indirecta de cada tipo de diseño de mezcla de concreto para diferentes periodos.

Figura 57

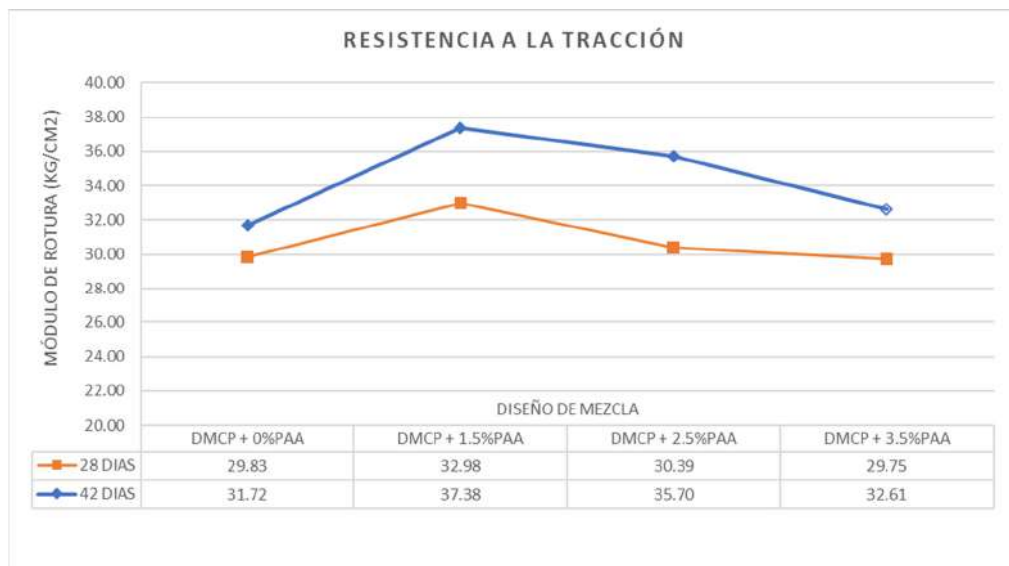
Resumen de resistencia a la tracción promedio



Nota: El gráfico representa los valores de tracción indirecta del concreto a por cada tipo de diseño de mezcla de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 137.

Figura 58

Resumen de los módulos de elasticidad promedio



Nota: El gráfico representa los valores de tracción indirecta del concreto a 28 y 42 días de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 137.

8.6.5. DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

De los resultados mostrados en la Tabla 138 se observa que, los valores obtenidos de resistencia a la flexión del concreto patrón son inferiores a los valores que presentan los concretos con adición de PAA. Esto se debe a que la adición del PAA reduce la contracción del concreto y mejora la hidratación durante el fraguado del concreto mejorando sus propiedades de tensión a flexión.

También se observa que, a los 28 y 42 días los resultados de resistencia a la flexión del concreto con adición de 1.5% de PAA es superior a los obtenidos de los demás concretos conforme se incrementa la adición de PAA. Esto se debe a que, si bien la adición del PAA mejora las propiedades de tensión a flexión, también existe limitantes en la adición de PAA como es el incremento de porcentaje de vacíos.

Cabe resaltar que, la resistencia a la flexión del concreto para cada tipo de diseño presenta un incremento durante el tiempo de evaluación.

Tabla 138

Resumen de las resistencias a la flexión promedio

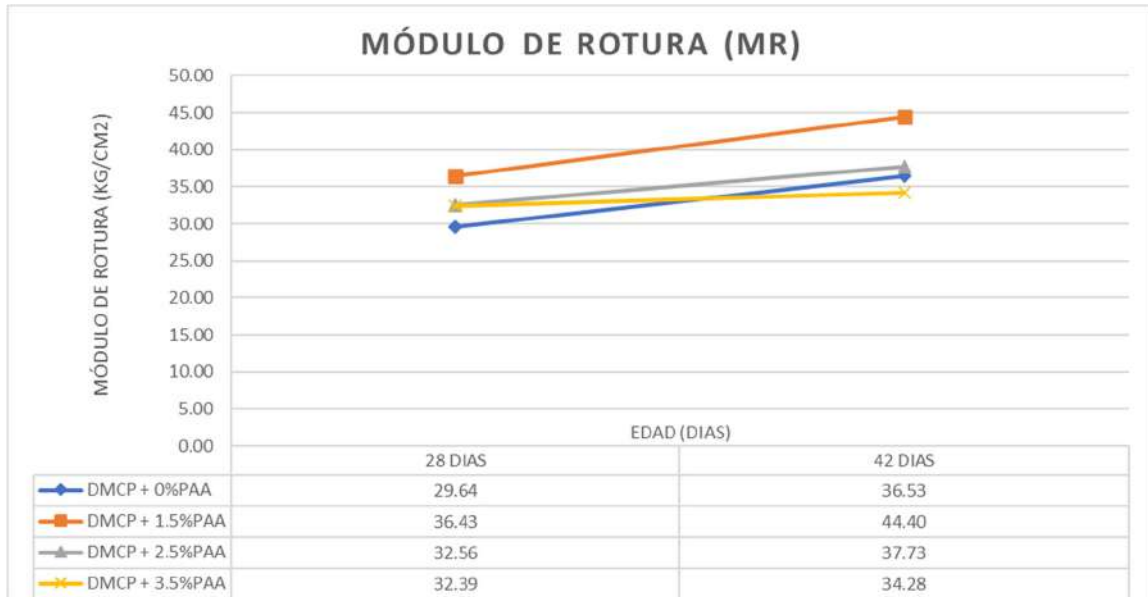
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO					
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78					
f'c de diseño:		210	kg/cm ²		
Temperatura		22.5	°C		
Módulo de rotura (Mr)					
N°	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	28 DIAS	42 DIAS	28 DIAS	42 DIAS
		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Mpa)	(Mpa)
1	DMCP + 0%PAA	29.64	36.53	2.91	3.59
2	DMCP + 1.5%PAA	36.43	44.40	3.57	4.36
3	DMCP + 2.5%PAA	32.56	37.73	3.19	3.70
4	DMCP + 3.5%PAA	32.39	34.28	3.18	3.36

DMCP: Diseño de mezcla de concreto patrón

Nota: La tabla presenta el promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión de cada tipo de diseño de mezcla de concreto para diferentes periodos.

Figura 59

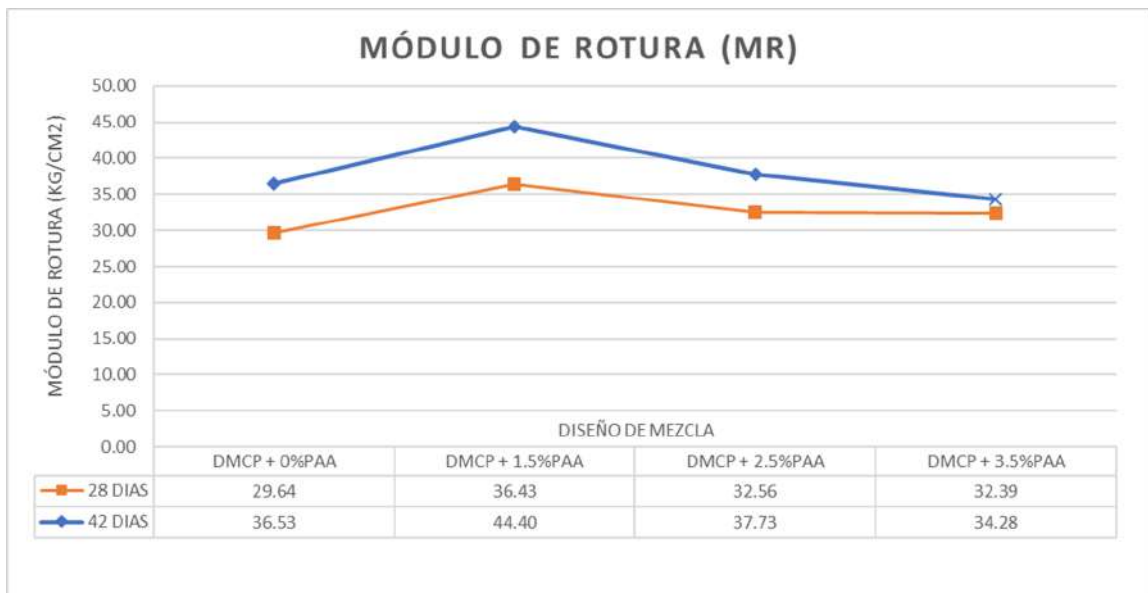
Resumen de los módulos de rotura promedio



Nota: El gráfico representa los valores de resistencia a la flexión del concreto para cada tipo de diseño de mezcla de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 138.

Figura 60

Resumen de los módulos de rotura promedio



Nota: El gráfico representa los valores de resistencia a la flexión del concreto a 28 y 42 días de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 138.

8.7. ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó el análisis de precios unitarios para el concreto patrón y para el concreto con adición de PAA.

Los precios de mano de obra se consideraron de acuerdo a la escala de jornales para personal obrero de Construcción Civil aprobada en resolución gerencial del gobierno regional (ver Anexo II. Resolución gerencial general regional N° 321-2022-GR CUSCO/GGR).

8.7.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - CONCRETO PATRÓN (DMCP)

Tabla 139

Análisis de precios unitarios por m³ de concreto patrón

Partida	1.01	CONCRETO F'C 210 KG/CM2				Costo unitario directo por:		
Rendimiento	m3/DIA	MO	15.00	EQ.	15.00	m3		359.76
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
	OPERARIO	hh	1.0	0.533	19.70	10.51		
	OFICIAL	hh	1.0	0.533	16.40	8.75		
	PEON	hh	3.0	1.600	15.30	24.48		
						43.73		
	Materiales							
	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.700	59.32	41.53		
	ARENA GRUESA	m3		0.500	76.27	38.14		
	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5kg)	gal		8.500	24.15	205.28		
	AGUA	m3		0.280	1.42	0.40		
						285.33		
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.000	43.73	1.31		
	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.25"	hm	1	0.533	21.19	11.30		
	MEZCLADORA DE COCNETO	hm	1	0.533	33.90	18.08		
						30.69		

Nota: La tabla presenta el análisis de precios unitarios del concreto patrón (sin adición de PAA).

8.7.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (DMCP+1.5% PAA)

Tabla 140

Análisis de precios unitarios de concreto patrón con adición de 1.5% de PAA

Partida	1.02 CONCRETO F'C 210 KG/CM2 + PAA (1.5% en peso del cemento)						
Rendimiento	m3/DIA	MO	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por:	364.56
						m3	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
	OPERARIO	hh	1.0	0.533	19.70	10.51	
	OFICIAL	hh	1.0	0.533	16.40	8.75	
	PEON	hh	3.0	1.600	15.30	24.48	
						43.73	
	Materiales						
	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.700	59.32	41.53	
	ARENA GRUESA	m3		0.500	76.27	38.14	
	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5kg)	bolsa		8.500	24.15	205.28	
	AGUA	m3		0.280	1.42	0.40	
	BOLAS DE POLIMERO ABSORBENTE DE	kg		0.120	40.00	4.80	
						290.14	
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.000	43.73	1.31	
	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.25"	hm	1	0.533	21.19	11.30	
	MEZCLADORA DE COCNRETO	hm	1	0.533	33.90	18.08	
						30.69	

8.7.3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (DMCP+2.5% PAA)

Tabla 141

Análisis de precios unitarios de concreto patrón con adición de 2.5% de PAA

Partida	1.03	CONCRETO F'C 210 KG/CM2 + PAA (2.5% en peso del cemento)						
Rendimiento	m3/DIA	MO	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por:		367.76
o						m3		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
	OPERARIO	hh	1.0	0.533	19.7	10.51		
	OFICIAL	hh	1.0	0.533	16.4	8.75		
	PEON	hh	3.0	1.600	15.3	24.48		
						43.73		
	Materiales							
	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.700	59.32	41.53		
	ARENA GRUESA	m3		0.500	76.27	38.14		
	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5kg)	bolsa		8.500	24.15	205.28		
	AGUA	m3		0.280	1.42	0.40		
	BOLAS DE POLIMERO ABSORBENTE DE	kg		0.200	40	8.00		
						293.34		
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.000	43.73	1.31		
	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.25"	hm	1	0.533	21.19	11.30		
	MEZCLADORA DE COCNRETO	hm	1	0.533	33.90	18.08		
						30.69		

8.7.4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (DP+ 3.5% PAA)

Tabla 142

Análisis de precios unitarios de concreto patrón con adición de 3.5% de PAA

Partida	1.04 CONCRETO F'C 210 KG/CM2 + PAA (3.5% en peso del cemento)						
Rendimiento	m3/DIA	MO	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por:	370.96
o							m3
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
	OPERARIO	hh	1.0	0.533	19.7	10.51	
	OFICIAL	hh	1.0	0.533	16.4	8.75	
	PEON	hh	3.0	1.600	15.3	24.48	
						43.73	
	Materiales						
	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.700	59.32	41.53	
	ARENA GRUESA	m3		0.500	76.27	38.14	
	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5kg)	bolsa		8.500	24.15	205.28	
	AGUA	m3		0.280	1.42	0.40	
	BOLAS DE POLIMERO ABSORBENTE DE	kg		0.280	40	11.20	
						296.54	
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.000	43.73	1.31	
	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.25"	hm	1	0.533	21.19	11.30	
	MEZCLADORA DE COCNRETO	hm	1	0.533	33.90	18.08	
						30.69	

8.7.5. RESUMEN COMPARATIVO DE COSTOS

En la Tabla 143, se presentan los costos unitarios por metro cúbico de cada diseño de mezcla de concreto propuesto, se aclara que para la presente investigación se realiza la adición de PAA por lo que los costos para los diseños de mezcla incrementaran en función al incremento del porcentaje de PAA añadido.

La incidencia del costo del PAA en el costo por metro cúbico del concreto está en el rango de 1.3 y 3.1%.

Tabla 143*Cuadro comparativo de costos de cada tipo de mezcla de concreto*

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS POR METRO CUBICO				
PARTIDA	1.01	1.02	1.03	1.04
DESCRIPCIÓN	CONCRETO f'c=210kg/cm2	CONCRETO f'c=210kg/cm2 + PAA (1.5% en peso del cemento)	CONCRETO f'c=210kg/cm2 + PAA (2.5% en peso del cemento)	CONCRETO f'c=210kg/cm2 + PAA (3.5% en peso del cemento)
COSTO UNITARIO/M3 (S/.)	359.76	364.56	367.76	370.96
INCREMENTO DE COSTO POR ADICIÓN DE PAA EN EL CONCRETO PATRÓN	-	1.33%	2.22%	3.11%
INCIDENCIA DEL PAA EN EL PRECIO UNITARIO DEL CONCRETO	-	1.32%	2.18%	3.02%

Nota: Se consideró el precio del PAA en cada análisis de precios unitarios para obtener la incidencia de este material en el precio total.

8.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS (T-STUDENT)

Para la verificación estadística de las hipótesis formuladas en la presente investigación, se realizó la prueba de T de Student o Test-T, de esta manera se definirá estadísticamente la influencia de la adición del PAA al concreto. De acuerdo a las hipótesis se consideraron los siguientes indicadores:

8.8.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Figura 61

Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión a los 28 días

Resistencia a compresión a 28 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	279.30	243.85	211.52	203.80
Varianza	35.65	12.04	26.14	36.60
Tamaño de muestra	6	6	6	6
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0	0
Grados de libertad		8	10	10
Estadístico t		12.57500324	21.12315694	21.75659906
P(T<=t) una cola		7.49773E-07	6.28575E-10	4.70481E-10
Valor crítico de t (una cola)		1.859548038	1.812461123	1.812461123
P(T<=t) dos colas		1.49955E-06	1.25715E-09	9.40961E-10
Valor crítico de t (dos colas)		2.306004135	2.228138852	2.228138852
Hipotesis		Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no influye en la resistencia a la compresión		NO	NO	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto influye en la resistencia a la compresión		SI	SI	SI

Figura 62

Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión a los 42 días

Resistencia a compresión a 42 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	300.03	278.90	249.44	224.89
Varianza	10.01	102.68	59.58	23.74
Tamaño de muestra	6	6	6	6
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		6	7	9
Estadístico t		4.87622675	14.85492688	31.67712443
P(T<=t) una cola		0.00138841	7.5066E-07	7.643E-11
Valor crítico de t (una cola)		1.94318028	1.894578605	1.833112933
P(T<=t) dos colas		0.00277681	1.50132E-06	1.5286E-10
Valor crítico de t (dos colas)		2.44691185	2.364624252	2.262157163
Hipotesis		Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no influye en la resistencia a la compresión		NO	NO	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto influye en la resistencia a la compresión		SI	SI	SI

8.8.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS MÓDULO DE ELASTICIDAD

Figura 63

Prueba de hipótesis para el módulo de elasticidad a los 28 días

Módulo de Elasticidad a 28 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	252261.68	234418.89	220081.00	214780.83
Varianza	42997449.10	4455332.65	24446132.21	10778880.16
Observaciones	6	6	6	6
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		6	9	7
Estadístico t		6.344647439	9.598438769	12.5195706
P(T<=t) una cola		0.000359054	2.5138E-06	2.39089E-06
Valor crítico de t (una cola)		1.943180281	1.833112933	1.894578605
P(T<=t) dos colas		0.000718108	5.0276E-06	4.78178E-06
Valor crítico de t (dos colas)		2.446911851	2.262157163	2.364624252

Hipotesis	Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no influye en el módulo de elasticidad	NO	NO	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto influye en el módulo de elasticidad	SI	SI	SI

Figura 64

Prueba de hipótesis para el módulo de elasticidad a los 42 días

Módulo de Elasticidad a 42 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	259935.58	252178.26	239611.78	229276.03
Varianza	416461.58	19312827.28	61544146.94	64994325.71
Observaciones	6	6	6	6
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		5	5	5
Estadístico t		4.277912077	6.324451122	9.285743904
P(T<=t) una cola		0.003939577	0.000728345	0.00012181
Valor crítico de t (una cola)		2.015048373	2.015048373	2.015048373
P(T<=t) dos colas		0.007879155	0.00145669	0.000243621
Valor crítico de t (dos colas)		2.570581836	2.570581836	2.570581836

Hipotesis	Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no influye en el módulo de elasticidad	NO	NO	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto influye en el módulo de elasticidad	SI	SI	SI

8.8.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS RELACIÓN DE POISSON

Figura 65

Prueba de hipótesis para la relación de Poisson a los 28 días

Relación de poisson a 28 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	0.232	0.224	0.203	0.195
Varianza	1.86E-05	9.20E-06	6.76E-06	3.73E-05
Observaciones	6	6	6	6
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		9	8	9
Estadístico t		4.036589382	14.14631718	12.12246016
P(T<=t) una cola		0.001471827	3.03205E-07	3.53079E-07
Valor crítico de t (una cola)		1.833112933	1.859548038	1.833112933
P(T<=t) dos colas		0.002943654	6.0641E-07	7.06159E-07
Valor crítico de t (dos colas)		2.262157163	2.306004135	2.262157163
Hipotesis		Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no influye en la relación de poisson		NO	NO	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto influye en la relación de poisson		SI	SI	SI

Figura 66

Prueba de hipótesis para la relación de Poisson a los 42 días

Relación de poisson a 42 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	0.238	0.232	0.222	0.203
Varianza	4.69E-06	1.06E-05	7.57E-06	7.30E-06
Observaciones	6	6	6	6
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		9	9	10
Estadístico t		3.951169309	11.42834821	25.10970958
P(T<=t) una cola		0.001674385	5.82828E-07	1.14902E-10
Valor crítico de t (una cola)		1.833112933	1.833112933	1.812461123
P(T<=t) dos colas		0.003348771	1.16566E-06	2.29804E-10
Valor crítico de t (dos colas)		2.262157163	2.262157163	2.228138852
Hipotesis		Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no influye en la relación de poisson		NO	NO	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto influye en la relación de poisson		SI	SI	SI

8.8.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

Figura 67

Prueba de hipótesis para la tracción indirecta a los 28 días

Resistencia a la Tracción Indirecta a 28 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	29.83	32.98	30.39	29.7533333
Varianza	0.5521	1.2081	1.0543	0.66563333
Observaciones	3	3	3	3
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		4	4	4
Estadístico t		-4.112350972	-0.76528254	0.12033476
P(T<=t) una cola		0.00735195	0.24338116	0.45501008
Valor crítico de t (una cola)		2.131846786	2.13184679	2.13184679
P(T<=t) dos colas		0.0147039	0.48676232	0.91002016
Valor crítico de t (dos colas)		2.776445105	2.77644511	2.77644511

Hipotesis	Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no incrementa a la resistencia a la flexión	NO	SI	SI
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto incrementa a la resistencia a la flexión	SI	NO	NO

Figura 68

Prueba de hipótesis para la tracción indirecta a los 42 días

Resistencia a la Tracción Indirecta a 42 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	31.72	37.38	35.70	32.61
Varianza	0.86	2.96	3.86	2.72
Observaciones	3	3	3	3
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		3	3	3
Estadístico t		-5.01721592	-3.17536274	-0.81816901
P(T<=t) una cola		0.00762402	0.02513643	0.2365995
Valor crítico de t (una cola)		2.35336343	2.35336343	2.35336343
P(T<=t) dos colas		0.01524805	0.05027286	0.473199
Valor crítico de t (dos colas)		3.18244631	3.18244631	3.18244631

Hipotesis	Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no incrementa a la resistencia a la flexión	NO	SI	SI
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto incrementa a la resistencia a la flexión	SI	NO	NO

8.8.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Figura 69

Prueba de hipótesis para la resistencia a la flexión a los 28 días

Resistencia a la Flexión a 28 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	29.64	36.43	32.56	32.39
Varianza	1.88	1.35	5.06	1.00
Observaciones	3	3	3	3
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		4	3	4
Estadístico t		-6.533061241	-1.919894227	-2.804435804
P(T<=t) una cola		0.001418045	0.07532665	0.024295714
Valor crítico de t (una cola)		2.131846786	2.353363435	2.131846786
P(T<=t) dos colas		0.00283609	0.150653299	0.048591427
Valor crítico de t (dos colas)		2.776445105	3.182446305	2.776445105

Hipotesis	Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no proporciona un incremento a la resistencia a la flexión	NO	SI	NO
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto proporciona un incremento a la resistencia a la flexión	SI	NO	SI

Figura 70

Prueba de hipótesis para la resistencia a la flexión a los 42 días

Resistencia a la Flexión a 42 días				
	Patrón	1.5% PAA	2.5% PAA	3.5% PAA
Media	36.53	44.40	37.73	34.28
Varianza	1.26	4.92	3.14	12.58
Observaciones	3	3	3	3
Diferencia hipotética de las medias		0	0	0
Grados de libertad		3	3	2
Estadístico t		-5.482060535	-0.988751881	1.046114797
P(T<=t) una cola		0.005968793	0.197839743	0.202652563
Valor crítico de t (una cola)		2.353363435	2.353363435	2.91998558
P(T<=t) dos colas		0.011937586	0.395679485	0.405305127
Valor crítico de t (dos colas)		3.182446305	3.182446305	4.30265273

Hipotesis	Aceptación de Hipotesis		
Hipotesis nula: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto no proporciona un incremento a la resistencia a la flexión	NO	SI	SI
Hipotesis alternativa: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto proporciona un incremento a la resistencia a la flexión	SI	NO	NO

8.8.6. RESUMEN DE ACEPTACIÓN DE HIPÓTESIS

Figura 71

Cuadro resumen de aceptación de hipótesis a los 28 días

Madurez del concreto a 28 días	1.5%PAA		2.5%PAA		3.5%PAA	
	Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa
Resistencia a la compresión	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Modulo de Elasticidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Relación de Poisson	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Resistencia a la Flexión	NO	SI	SI	NO	NO	SI
Resistencia a la Tracción Indirecta	NO	SI	SI	NO	SI	NO

Figura 72

Cuadro resumen de aceptación de hipótesis a los 42 días

Madurez del concreto a 42 días	1.5%PAA		2.5%PAA		3.5%PAA	
	Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa
Resistencia a la compresión	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Modulo de Elasticidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Relación de Poisson	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Resistencia a la Flexión	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Resistencia a la Tracción Indirecta	NO	SI	SI	NO	SI	NO

De acuerdo a las pruebas T-Student realizadas se puede apreciar que la adición de 1.5% de PAA presenta aceptación en todas las hipótesis alternativas que se realizaron, entonces se puede mencionar que la adición de este porcentaje de PAA presenta una influencia en todas las hipótesis formuladas para la presente investigación.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

9.1.1. *CONCLUSIÓN GENERAL*

Se concluye que la adición de PAA en el concreto como agente de curado interno, mejora sus propiedades de resistencia a la tracción indirecta, resistencia a la flexión y reduce la contracción del concreto; sin embargo, disminuye la resistencia a la compresión con respecto a las que presenta el concreto sin adición de PAA. La adición de 1.5% de PAA presenta mejores resultados que la adición de 2.5% y 3.5% de PAA.

9.1.2. *CONCLUSIONES ESPECÍFICAS*

A. La influencia en la resistencia a la compresión de los especímenes de concretos con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA, para diferentes periodos representa los siguientes valores respectivamente:

- A los 14 días, se presenta un 121.50%, 84.39% y 91.06% de la resistencia a la compresión del concreto patrón.
- A los 28 días, se presenta un 87.31%, 75.73% y 72.97% de la resistencia a la compresión del concreto patrón.
- A los 42 días, se presenta un 92.96%, 83.14% y 74.96% de la resistencia a la compresión del concreto patrón.
- A los 56 días, se presenta un 94.30%, 84.27% y 75.80% de la resistencia a la compresión del concreto patrón.

Por lo tanto, se concluye que, a los 14 días la resistencia a la compresión de los especímenes con adición de 1.5% de PAA presenta una resistencia superior a edad temprana, a los 28 días se presenta una resistencia inferior respecto al concreto patrón, mientras que a los 42 y 56 días la resistencia incrementa progresivamente acercándose a la resistencia del concreto patrón.

B. La influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson de los especímenes de concretos con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA, para diferentes periodos representa los siguientes valores respectivamente:

- A los 28 días, se presenta un 92.93%, 87.24% y 85.14% del módulo de elasticidad del concreto patrón y 95.65%, 86.96% y 86.96% de la relación de Poisson del concreto patrón.
- A los 42 días, se presenta un 97.02%, 92.18% y 88.20% del módulo de elasticidad del concreto patrón y 95.83%, 91.67% y 83.33% de la relación de Poisson del concreto patrón.

Por lo tanto, se concluye que, a los 28 y 42 días el módulo de elasticidad y relación de Poisson de los especímenes con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA al concreto presentan un comportamiento similar con valores inferiores a los del concreto patrón.

C. La influencia en la tracción indirecta de los especímenes de concretos con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA, para diferentes periodos representa los siguientes valores respectivamente:

- A los 28 días, se presenta un 110.55%, 101.87% y 99.73% de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón.
- A los 42 días, se presenta un 117.84%, 112.55% y 102.81% de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón.

Por lo tanto, se concluye que, a los 28 y 42 días la resistencia a la tracción indirecta de los especímenes con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA al concreto presentan un incremento con respecto a los valores obtenidos del concreto patrón. Además, la adición de 1.5% de PAA presenta mejores resultados que los demás porcentajes de adición de PAA.

D. La influencia en la resistencia a la flexión de los especímenes de concretos con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA, para diferentes periodos representa los siguientes valores respectivamente:

- A los 28 días, se presenta un 122.91%, 109.85% y 109.28% de la resistencia a la flexión del concreto patrón.
- A los 42 días, se presenta un 121.54%, 103.28% y 93.84% de la resistencia a la flexión del concreto patrón.

Por lo tanto, se concluye que, a los 28 y 42 días la resistencia a la flexión de los especímenes con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA al concreto presentan un incremento con respecto a los

valores obtenidos del concreto patrón. Además, la adición de 1.5% de PAA presenta mejores resultados que los demás porcentajes de adición de PAA.

E. El cambio volumétrico de los especímenes de concreto patrón y concreto con adición de 1.5%, 2.5% y 3.5% de PAA, para diferentes periodos presentan los siguientes valores respectivamente:

- A los 28 días, se tiene -0.48, -0.25%, -0.33% y -0.13% de variación de volumen.
- A los 42 días, se tiene -0.52, -0.27%, -0.29% y -0.14% de variación de volumen.

Por lo tanto, se concluye que, a los 28 y 42 días se presentan menores variaciones de volumen en los concretos con adición de PAA con respecto a los obtenidos en el concreto patrón.

F. Se concluye que, la adición de PAA en el concreto representa un incremento en el costo por metro cúbico.

9.2. RECOMENDACIONES

Del estudio realizado; se ha demostrado; que la adición de 1.5% de PAA (del peso de cemento) al concreto, mejoró las propiedades de resistencia a la tracción indirecta y resistencia a la flexión en el tiempo; sin embargo, se presentó un decremento de resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de evaluación; a este preámbulo se presenta la recomendación de reducir la adición del polímero en proporciones inferiores a 1.5% de PAA del peso de cemento; y encontrar un porcentaje de adición de PAA que mejore de forma conjunta las tres (3) propiedades antes mencionadas.

Para posteriores investigaciones que tengan relación con esta, se recomienda contar con equipamiento y accesorios con mejores características y mayor precisión con la finalidad de conseguir resultados aún más confiables. Además, los equipos tienen que contar con una calibración vigente; siendo este documento necesario que evidencia la trazabilidad de los datos obtenidos durante la investigación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la adición de 1.5% de PAA le proporciona un incremento en la resistencia a la compresión inicial a los 14 días evidenciando de esta manera la buena práctica del curado interno de PAA en el concreto, se recomienda no descuidar el curado externo superficial permanente luego de este tiempo puesto que el PAA ya habría liberado el agua

absorbida inicialmente y el concreto se tiene que seguir curando superficialmente para garantizar la correcta evolución de sus propiedades.

Se recomienda para posteriores investigaciones, se desarrolle con la adición de porcentajes menores a 1.5% de PAA, debido que los porcentajes de adición mayores a este disminuyen los valores de sus propiedades mecánicas.

Se recomienda para posteriores investigaciones, evaluar el reemplazo de los aditivos de curado químico e incorporadores de aire por la adición de PAA, mediante un análisis de costos e influencia en las propiedades mecánicas del concreto.

9.2.1. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Después de realizar la investigación; observamos distintas propiedades fuera de nuestro alcance de investigación y proponemos investigaciones futuras, siendo importante el desarrollo de la tecnología para nuestra comunidad, consideramos que mejorar propiedades del concreto abordar desafíos comunes en la industria de la construcción. Mencionamos a continuación investigaciones futuras relacionadas con esta investigación presentada:

- ✓ Estudios para determinar la dosificación óptima de polímeros absorbentes de agua en diferentes tipos de concreto y condiciones de curado.
- ✓ La optimización de los procesos de mezcla para garantizar una distribución uniforme de los polímeros en la mezcla de concreto.
- ✓ El comportamiento a largo plazo del concreto modificado con polímeros absorbentes de agua en cuanto a sus propiedades mecánicas con el tiempo.
- ✓ La evaluación de su resistencia a la degradación química, la durabilidad frente a ciclos de humedad y sequedad, ciclos de hielo y deshielo, permeabilidad, capacidad de absorción en estudios higrotérmicos y fluencia en estructuras de concreto.
- ✓ Aplicaciones específicas del concreto modificado con polímeros absorbentes de agua, en pavimentos de carreteras, estructuras expuestas a ambientes agresivos o elementos prefabricados.
- ✓ Propuestas de uso de polímeros absorbentes de agua como agente de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto existentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 308. (2008). *Guide to Curing Concrete (ACI 308 R-01)*. Farmington Hills: MI: Instituto Americano del Concreto.
- ACI, 1.-9. (2014). *Cement and Concrete Terminology*.
- ACI-308. (1992). *Prácticas estándar para el curado de concreto*. America Concrete Institute.
- ASTM C150. (Diciembre de 2012). Especificaciones estándar para el cemento portland. United States: ASTM International.
- ASTM C469. (2022). *Ensayo para módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto en compresión*. ASTM.
- ASTM C496. (2017). *Esfuerzo de tensión por partida en especímenes cilíndricos de concreto*. ASTM.
- Bentur, A., Igarashi, S., & Kovler, K. (1999). revention of autogenous shrinkage in high-strength concrete by internal curing using wet lightweight aggregates. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 11(1), 58-62.
- Bentz, D. (2002). Internal curing of high-performance blended cement mortars. *Materials Journal*, 99(3), 266-272.
- Callister, W. (2012). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Reverté.
- de la Vega, I., Castro, J., & Bentz, D. W. (2012). *Application of internal curing for mixtures containing high volumes of fly ash*. Cement and Concrete Composites.
- de Meyst, L., Mannekens, E., Van Tittelboom, K., & de Belie, N. D. (2021). The influence of superabsorbent polymers (SAPs) on. *Construction and Building Materials*, 286(122948).
- Duxson, Peter; Provis, Jhon L; C, Luckey Grant; van Deventer, Jannie S. J. (2007). The role of inorganic polymer technology in the. *Cement and Concrete Research*, 37, 1590-1597.
- Espinoza, G. (2010). *Efecto del curado interno en hormigones y su aplicación como método complementario al curado tradicional en obra del hormigón [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]*. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/15739>
- Espinoza, K. (2019). *Evaluación del curado interno del concreto, empleando material cerámico en la mezcla del concreto [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de "Hermilio Valdizan"]*. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/5490>

- Esteves, L. P., Paiva, H., Ferreira, V. M., & Cachim, P. (2010). Efecto de las condiciones de curado en las propiedades mecánicas de los morteros con partículas superabsorbentes. *Materiales de construcción*, 60, 61-72.
- García, J. (2010). *Determinación de la correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la compresión del concreto (Tesis de licenciatura - Universidad Pontificia Bolivariana)*. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/962>
- García, L. (2023). Protección de Electrónica y Cableados contra Daños por Agua. *Revista de Tecnología y Materiales*.
- Gonnerman, H., & Shuman, E. (1928). *Flexure and tension tests of plain concrete*, . Washington: Report to the Chief Research and Development Laboratories of the Portland Cement Association.
- Humetek, G. (2023). *Humedad relativa y absoluta: ¿cuáles son sus diferencias?* <https://humetek.com/dormir-con-humedad/>
- Jensen, O., & Hansen, P. (2001). Water entrained concrete: Principles, problems, and possibilities. *Cement and Concrete Research*, 31(5), 647-654.
- Jensen, O., & Hansen, P. (2002). Internal curing with superabsorbent polymers. *Concrete International*, 24(1), 34-44.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., W., P., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association.
- Lee, H., Wong, H., & Buenfeld, N. (2010). *Materiales autosellantes a base de cemento utilizando polímeros superabsorbentes. En: OM Jensen, MT Hasholt y S. Laustsen (eds.)*. Publicaciones RILEM SARL .
- Ma, X., Liu, J., Wu, Z., & Shi, C. (2017). Effects of SAP on the properties and pore structure of. *Construction and Building Materials*, 131, 476-484.
- Manojkumar, M., & Maruhachalam, D. (2013). Investigación Experimental sobre Concreto Autocurable. *Revista Internacional de Investigación Científica y Técnica Avanzada* , 2.
- Metha, K., & Monteiro, P. (1985). *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Mindess, R., Witte, L., & Glantz, O. (2003). *Concrete* . (2nd).

- Mohr, B., Premenko, A., Nanko, H., & Kurtis, K. (2005). The effects of wood fiber reinforcement on internal curing of concrete. *Cement and Concrete Research*, 35(4), 661-667.
- Monnig, S. (2009). *Adiciones superabsorbentes en el hormigón: aplicaciones, modelado y comparación de diferentes fuentes interna de agua (Tesis doctoral, Universidad de Stuttgart)*. Universidad de Stuttgart.
- Neville, A., & Brooks, J. (2010). *Tecnología del Concreto*. Prentice Hall.
- NORMA E.060. (2020). *CONCRETO ARMADO*.
- NTP 334.051. (2022). *Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*. INACAL.
- NTP 334.090. (2020). *CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionados*. INACAL.
- NTP 339.034. (2021). *Determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. INACAL.
- NTP 339.035. (2022). *Ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. INACAL.
- NTP 339.078. (2022). *Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. INACAL.
- NTP 339.083. (2003). *Ensayo para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por método de presión*. INACAL.
- NTP 339.088. (2021). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto hidráulico. Especificaciones*. INACAL.
- NTP 339.183. (2013). *Prácticas normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio*. INACAL.
- NTP 339.184. (2013). *Ensayo para determinar la temperatura de mezcla de concreto*. INACAL.
- NTP 339.185. (2021). *Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregado por secado*. INACAL .
- NTP 339.187. (2022). *Método de ensayonormalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el hormigón (concreto) endurecido*. INACAL.
- NTP 400.012. (2013). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. INACAL.
- NTP 400.017. (2011). *Ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados*. INACAL.

- NTP 400.018. (2013). *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados*. INACAL.
- NTP 400.019. (2020). *Determinar la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por la abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. INACAL.
- NTP 400.021. (2013). ; *Ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. INACAL.
- NTP 400.022. (2013). *Ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. INACAL.
- Olawuyi, B. J., J., B. A., & Boshoff, W. P. (2021). Early-age and long-term strength development of high. *Construction and Building Materials*, 267(121798).
- Parizaca, R. R. (2015). *Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros súperabsorbentes en la ciudad de Puno [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2513>
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto* (Segunda edición ed.). Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú-Consejo Nacional.
- Peppas, N., & Sahlin, J. (1996). Una ecuación simple para la descripción de la liberación de solutos. III. Acoplamiento de difusión y relajación. *Revista internacional de farmacia*, 1-10.
- Philleo, R. (1991). Concrete Science and Technology. In Internal curing using prewetted lightweight aggregates. *American Concrete Institute, SP-126*, 107-118.
- Power, T., Copeland, L., & Mann, H. (1959). Capillary continuity or discontinuity in cement pastes. *Journal of the American Concrete Institute*, 30(2), 215-218.
- Ramalingam, V., Ramesh, K., Duraipandi, M., Jayesh, U., & Kuppusamy, S. (2022). Bolas de polímero absorbentes de agua como agente de curado de agua interno en concreto para apoyar la reacción de hidratación. *Revista de la Construcción*, 21(1), 83-92.
- Ramirez, R., Benítez, j., Rojas, L., & Rojas, B. (2016). Materiales polimeros de tipo hidrogeles: Revisión sobre su caracterización mediante FTIR, DSC, MEB y MET. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(2), 108-130.
- RILEM, Report 41. (2007). *Internal Curing of Concrete and Anticipated Research*, ed. Kovler, K; Jensen, O. RILEM Publications S.A.R.L. Internal Curing of Concrete.

- Riyazi, S., Kevern, J. T., & Mulheron, M. (2017). Super absorbent polymers (SAPs) as physical air. *Construction and Building Materials*, 669-676.
- Rojas, M. (2016). *Estudio experimental de materiales altos cementosos resistencia modificada con polimeros superabsorbentes (PSA) como agente de curado interno (Tesis de doctorado)*. Universidad de Brasilia.
- Smith, A., & Jones, B. (2018). Concrete Moisture Measurement and Control. *Journal of Construction Materials*, 30(4), 112-120.
- Sposito, G. (1989). *La química de los suelos*. Oxford University Press.
- Tecnología de los plásticos. (2013). *Polímeros súper absorbentes*. Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado.
- Valencia, Y. (2024). Síntesis y aplicación de polímeros superabsorbentes.
https://www.academia.edu/38540578/SINTESIS_Y_APLICACION_DE_POLIMEROS_SUPERABSORBENTES_docx.
- van Breugel, K., & de Vries, H. (1998). Lightweight aggregates for internal curing of high-performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 20(3), 241-249.
- Vizuetta, A. (2004). *Desarrollo de empaques activos para pollo fresco despresado (Tesis de licenciatura Universidad de los Andes)*. Repositorio de Universidad de los Andes.
- Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Respuestas de las plantas a la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas: hacia la ingeniería genética para la tolerancia al estrés. *Respuestas de las plantas a la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas: hacia la ingeniería genética para la tolerancia al estrés*, 218, 1-14.
- Weber, S., & Reinhardt, H. (1995). Internal curing of concrete using pre-wetted lightweight aggregates. *Concrete Research*, 25(3), 415-423.
- Wyrzykowski, M., & Lura, P. (2013). Control del coeficiente de expansión térmica de materiales cementosos – Una nueva aplicación para polímeros absorbentes. *Compuestos de cemento y hormigón*, 35, 49-58.
- Zhang, Y., Wei, W., Huang, J., Li, Z., Chen, Y., & Wang, Z. (2018). Efectos de la enmienda de hidrogel en la disponibilidad de agua del suelo, la biomasa microbiana del suelo y la composición de la comunidad bacteriana en la rizosfera de Robinia pseudoacacia L. en regiones semiáridas. *Degradación de la tierra y desarrollo*, 29(7), 2118-2130.



ANEXOS

ANEXO A. FORMATOS DE EVALUACIÓN

ANEXO A1: FORMATO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Figura 73

Formato de evaluación para el ensayo de resistencia a la compresión

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
TESISTAS:		Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO								
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC								
TESIS:		“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO”								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
f'c de diseño:				kg/cm2		Fecha de moldeo:				
% de PAA:				%		Fecha de rotura:				
Temperatura:				°C		Tiempo de madurez:				
N	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/cm ³)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	f'c (Kg/cm ²)	% Evolución
F'c promedio (kg/cm2)										



Carga respecto a Posición (3.5% PAA, 42 días)

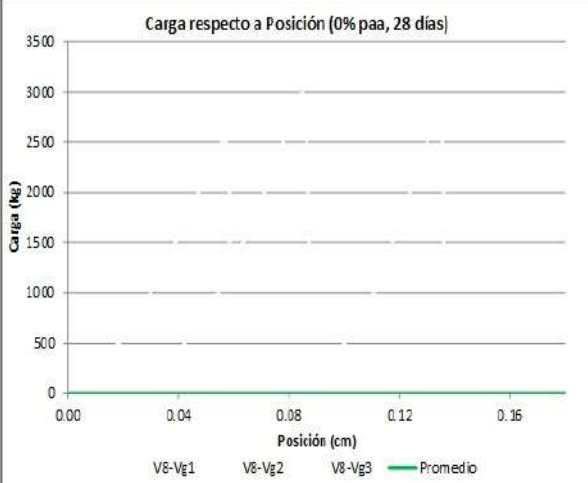
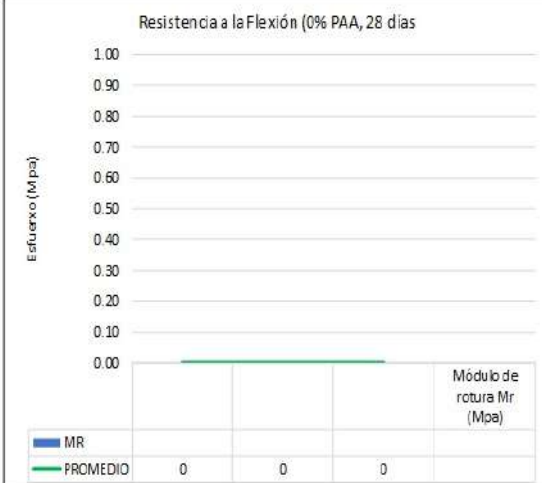
Resistencia a la Compresión (3.5% PAA, 42 días)

ANEXO A2: FORMATO PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Figura 74

Formato de evaluación para el ensayo de resistencia a la flexión


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESISTAS: UBICACIÓN:	Bach. IV ANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC							
TE SIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78								
Módulo de rotura	Mpa	Fecha de moldeo:						
% de PAA:	%	Fecha de rotura:						
Temperatura	°C							
N°	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (Kg) (N)	Módulo de rotura (Mr) (kg/cm²) (Mpa)

Módulo de rotura Mr (Mpa)				
				


ANEXO A3: FORMATO PARA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

Figura 75

Formato de evaluación para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESISTAS: Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE
 Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO

UBICACIÓN: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC

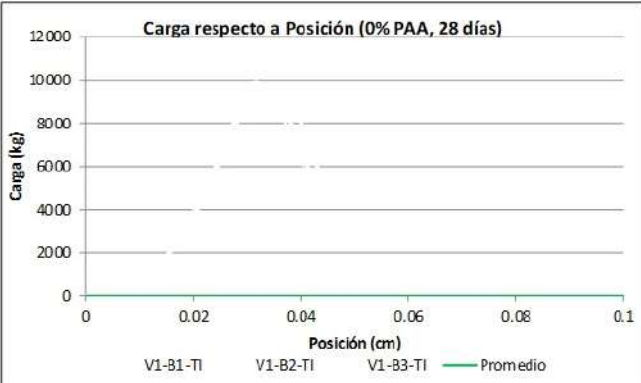
TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLIMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

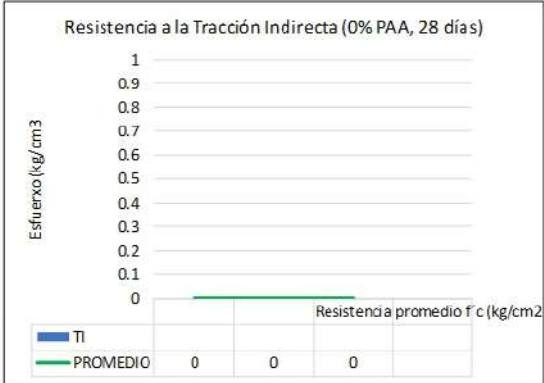
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE CONCRETO
 NTP 339.084 / MTC E 708 / ASTM C496

f'c de diseño: kg/cm ²	Tiempo de madurez:
% de PAA: %	Fecha de moldeo:
Temperatura °C	Fecha de dimensionamiento:

N	Muestra	Dprom	Hprom	Peso	Volumen	Densidad	Carga	Tracción Indirecta	
	ID	(cm)	(cm)	(kg)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(Kg)	(Kg/cm ²)	(kPa)

Resistencia promedio f'c (kg/cm²):





ANEXO B. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

ANEXO B1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 0% PAA)

Tabla 144

Resistencia a la compresión (0% PAA, 28 días)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
NTP 339.034 / MITC 704 / ASTM C39	
TESIS: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=10KG/CM3 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO*	
f' c de diseño:	210 kg/cm ²
% de PAA:	0
Temperatura	22.5 °C
	Fecha de moldeo: 01/08/2023
	Fecha de rotura: 29/08/2023
	Tiempo de madurez: 28

N	Muestra	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/cm ³)	Carga (Kg)	Área (cm ²)	f' c (Kg/cm ²)	% Evolución
1	V1-B1	10.15	20.51	3.973	1.67E-03	2.385.98	21965.646	80.91	271.48	129%
2	V1-B2	10.14	20.54	3.969	1.67E-03	2.378.26	22106.713	80.75	273.77	130%
3	V1-B3	10.19	20.45	3.934	1.66E-03	2.371.78	23169.933	81.55	284.12	135%
4	V1-B4	10.12	20.48	3.959	1.67E-03	2.372.63	23094.726	80.44	287.11	137%
5	V1-B5	10.17	20.50	3.951	1.67E-03	2.371.72	22797.988	81.23	280.66	134%
6	V1-B6	10.14	20.53	3.968	1.67E-03	2.379.32	22501.338	80.75	278.65	133%

f' c promedio (kg/cm²) 279.3 133%

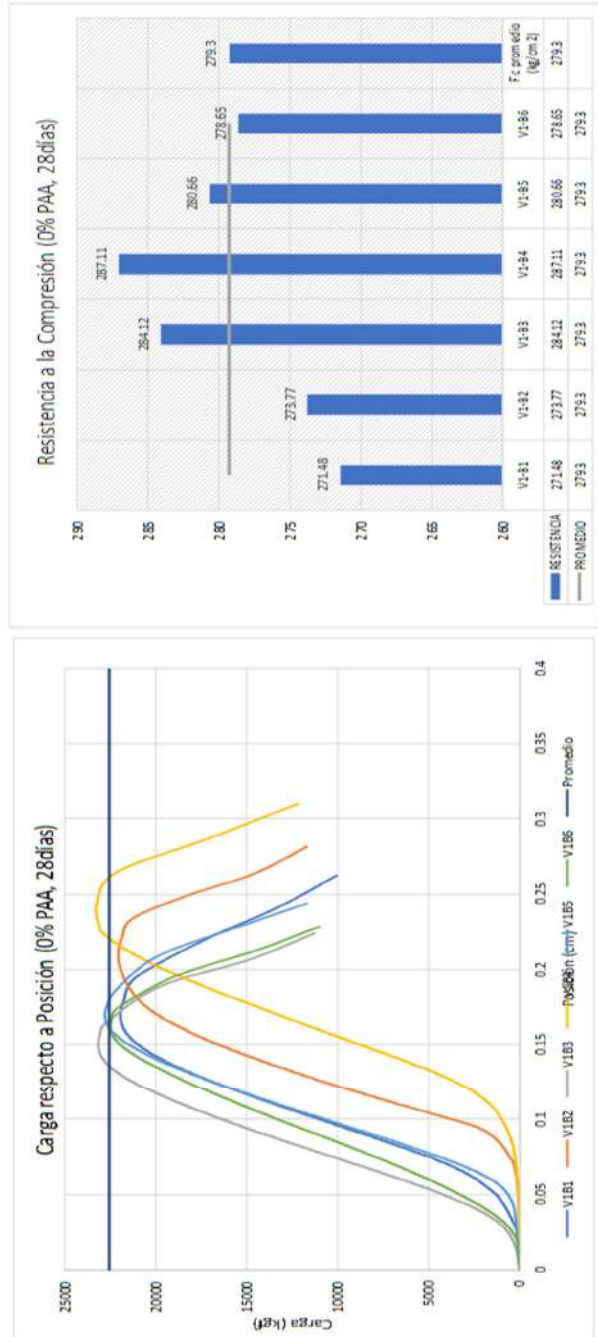
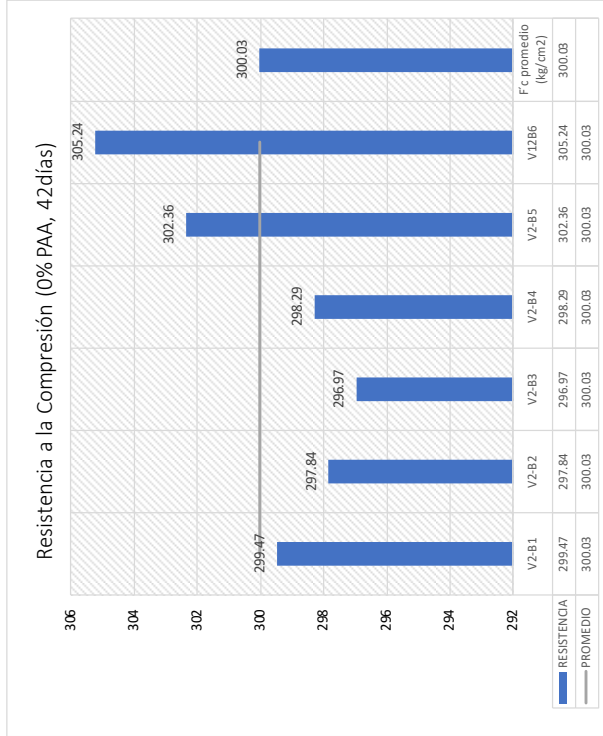
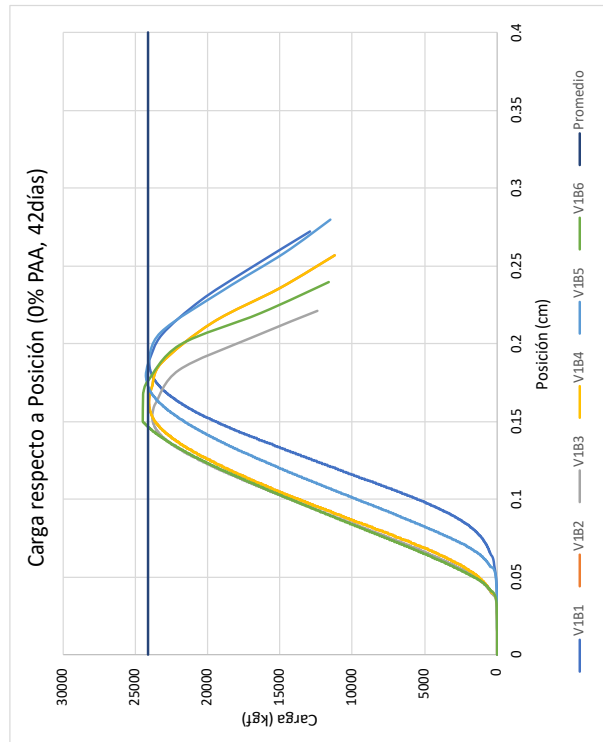


Tabla 145

Resistencia a la compresión (0% PAA, 42 días)

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"										
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN										
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39										
f'c de diseño:	210 kg/cm2									
% de PAA:	0 %									
Temperatura	22.5 °C									
Fecha de molde:	02/08/2023									
Fecha de rotura:	13/09/2023									
Tiempo de madurez	42									
N	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	Carga (kg)	Área (cm2)	f'c (kg/cm2)	% Evolución
1	V2-B1	10.11	20.49	3.946	1.65E-03	2385.2	24041.283	80.28	299.47	143%
2	V2-B2	10.14	20.47	3.926	1.65E-03	2377.99	24050.355	80.75	297.84	142%
3	V2-B3	10.10	20.44	3.932	1.65E-03	2381.26	23793.622	80.12	296.97	141%
4	V2-B4	10.15	20.39	3.929	1.65E-03	2377.97	24134.723	80.91	298.29	142%
5	V2-B5	10.11	20.53	3.938	1.65E-03	2381.35	24273.522	80.28	302.36	144%
6	V12B6	10.10	20.48	3.915	1.65E-03	2375.64	24455.829	80.12	305.24	145%

f'c promedio (kg/cm2) 300.03 143%



ANEXO B2: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 1.5% PAA)

Tabla 146

Resistencia a la compresión (1.5% PAA, 28 días)

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DELCUSCO”

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / MTC 704 / ASTM C39

f'c de diseño:	210	kg/cm2	Fecha de moldeo:	03/08/2023
% de PAA:	1.5	%	Fecha de rotura:	31/08/2023
Temperatura	22.5	°C	Tiempo de madurez	28

N	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm³)	Densidad (kg/cm³)	Carga (Kg)	Área (cm²)	f'c (kg/cm²)	% Evolución
1	V3-B1	10.13	20.45	3.876	1.65E-03	2351.78	19387.883	80.6	240.54	115%
2	V3-B2	10.17	20.51	3.898	1.65E-03	2365.15	19919.039	81.23	245.22	117%
3	V3-B3	10.14	20.44	3.890	1.65E-03	2358.14	19887.288	80.75	246.28	117%
4	V3-B4	10.16	20.47	3.894	1.65E-03	2363.5	19637.358	81.07	242.23	115%
5	V3-B5	10.15	20.45	3.883	1.65E-03	2350.49	20128.790	80.91	248.78	118%
6	V3-B6	10.10	20.38	3.884	1.65E-03	2353.79	19232.301	80.12	240.04	114%

F'c promedio (kg/cm2) 243.85 116%

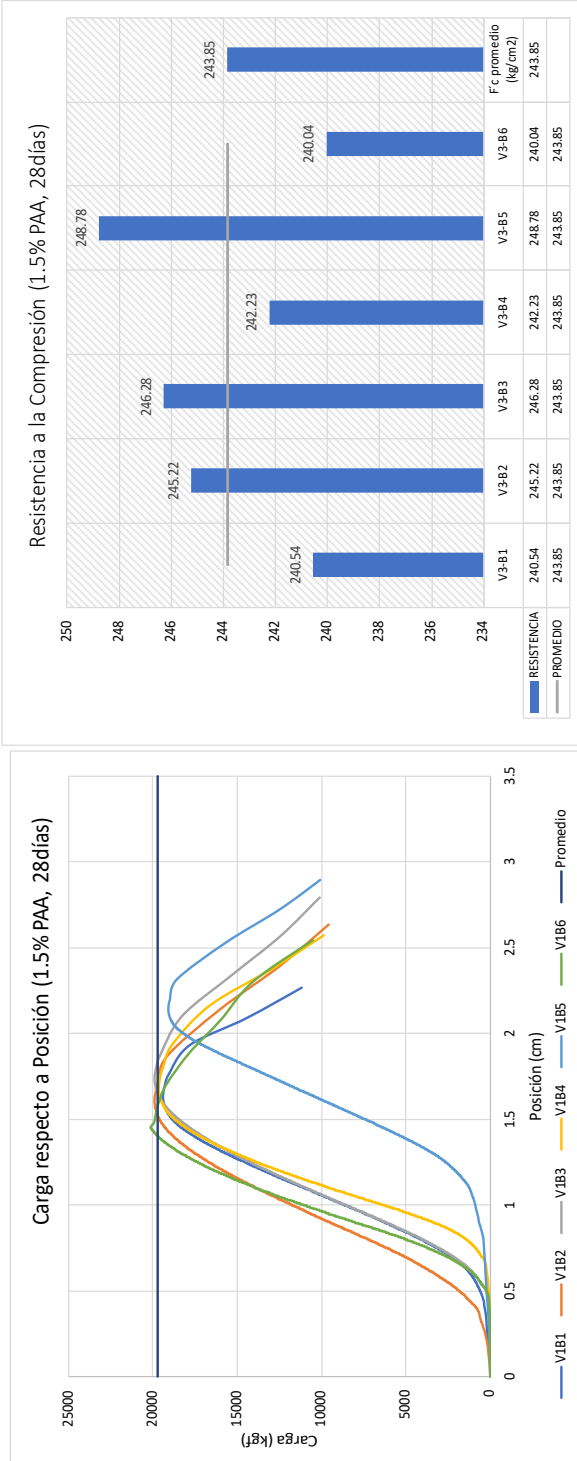
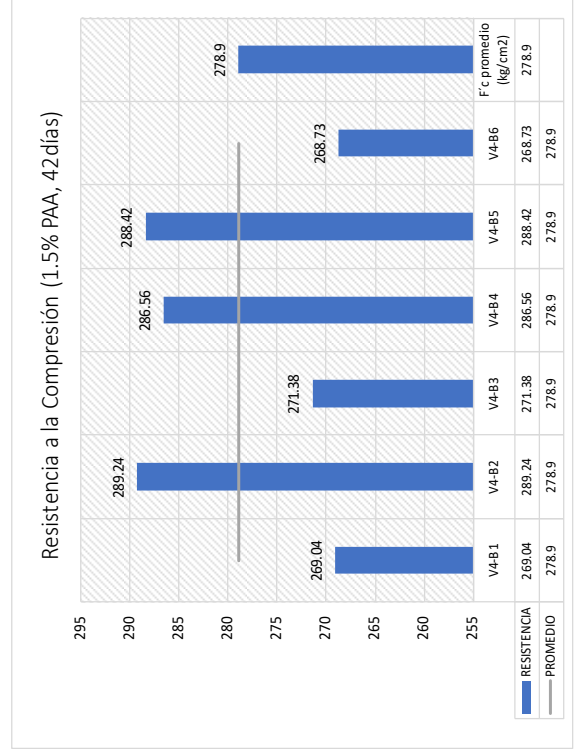
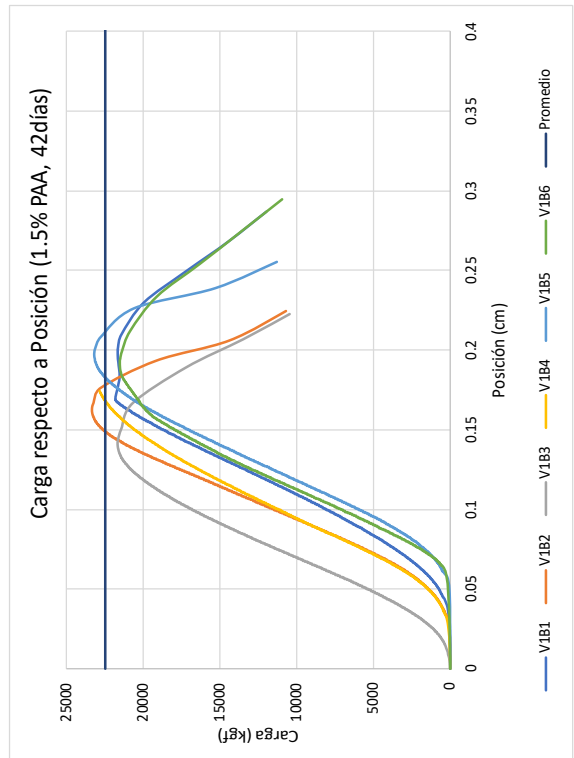


Tabla 147

Resistencia a la compresión (1.5% PAA, 42 días)

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DELCUSCO”										
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 / MITCE 704 / ASTM C39										
f' c de diseño:	210 kg/cm2									
% de PAA:	1.5 %									
Temperatura	22.5 °C									
Fecha de moldeo:	04/08/2023									
Fecha de rotura:	15/09/2023									
Tiempo de madurez	42									
N	Muestra	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	Carga (kg)	Área (cm2)	f' c (kg/cm2)	% Evolución
1	V4-B1	10.17	20.50	3.945	1.69E-03	2341	21854.119	81.23	269.04	128%
2	V4-B2	10.14	20.52	3.957	1.69E-03	2340.78	23355.906	80.75	289.24	138%
3	V4-B3	10.09	20.58	3.965	1.69E-03	2347	21699.545	79.96	271.38	129%
4	V4-B4	10.15	20.52	3.866	1.66E-03	2334.53	23185.570	80.91	286.56	136%
5	V4-B5	10.12	20.56	3.958	1.69E-03	2341.82	23200.324	80.44	288.42	137%
6	V4-B6	10.10	20.34	3.931	1.68E-03	2333.92	21530.648	80.12	268.73	128%

f' c promedio (kg/cm2) 278.9 133%



ANEXO B3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 2.5% PAA)

Tabla 148

Resistencia a la compresión (2.5% PAA, 28 días)

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DELCUSCO"

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39

f'c de diseño:	210	kg/cm2	Fecha de moldeo:	08/08/2023
% de PAA:	2.5	%	Fecha de rotura:	05/09/2023
Temperatura	22.5	°C	Tiempo de madurez	28

N	Muestra	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	Carga (kg)	Área (cm2)	f'c (kg/cm2)	Evolución %
1	V5-B1	10.16	20.47	3.844	1.67E-03	2299.07	17393.43883	81.07	214.55	102%
2	V5-B2	10.10	20.54	3.871	1.68E-03	2303.27	17123.55159	80.12	213.72	102%
3	V5-B3	10.13	20.50	3.865	1.68E-03	2299.94	16288.94231	80.6	202.1	96%
4	V5-B4	10.08	20.36	3.818	1.66E-03	2303.81	17296.82374	79.8	216.75	103%
5	V5-B5	10.13	20.54	3.873	1.68E-03	2305.74	17000.62816	80.6	210.93	100%
6	V5-B6	10.15	20.50	3.870	1.68E-03	2302.41	17075.01725	80.91	211.04	100%

f'c promedio (kg/cm2) 211.52 101%

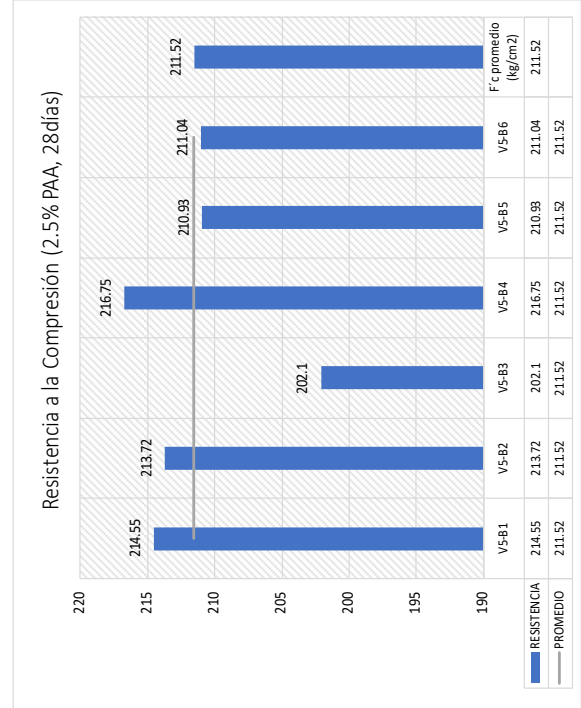
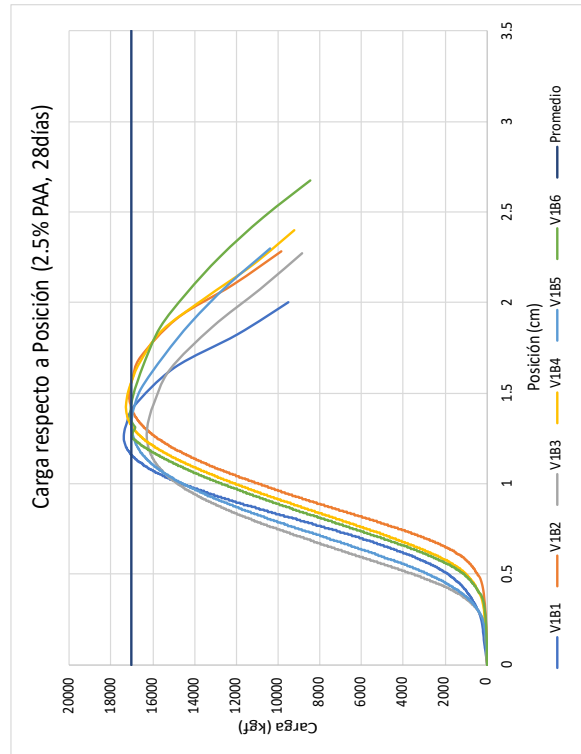


Tabla 149

Resistencia a la compresión (2.5% PAA, 42 días)

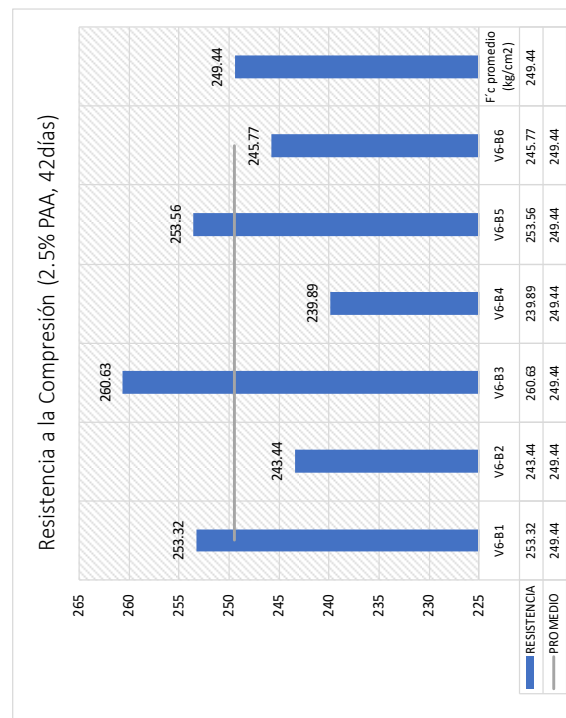
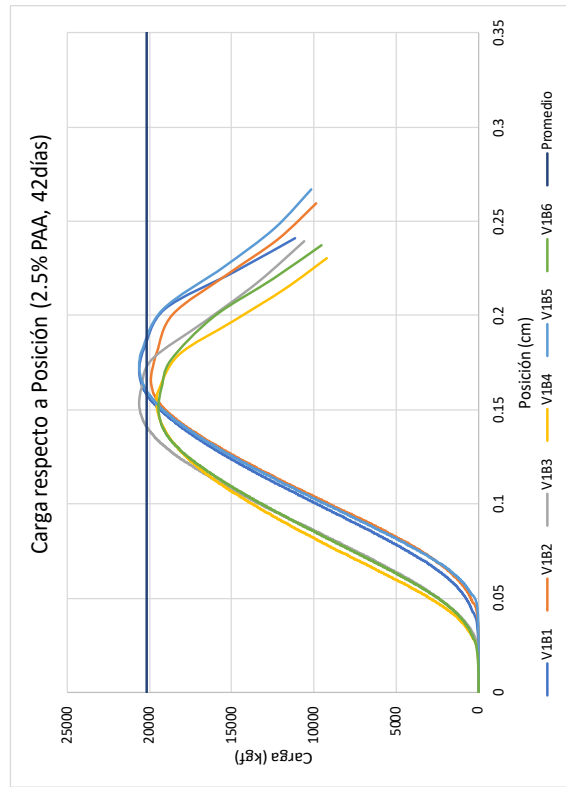
“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DELCUSCO”

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
NTP 339.034 / MTC E 704 / ASTM C39

f' c de diseño:	210	kg/cm2	Fecha de moldeo:	09/08/2023
% de PAA:	2.5	%	Fecha de rotura:	20/09/2023
Temperatura	22.5	°C	Tiempo de madurez	42

N	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	Carga (kg)	Área (cm2)	f' c (kg/cm2)	% Evolución
1	V6-B1	10.18	20.48	3.809	1.66E-03	2300.66	20617.57077	81.39	253.32	121%
2	V6-B2	10.21	20.58	3.842	1.67E-03	2299.83	19930.83248	81.87	243.44	116%
3	V6-B3	10.04	20.24	3.822	1.66E-03	2302.72	20633.90008	79.17	260.63	124%
4	V6-B4	10.20	20.49	3.818	1.66E-03	2300.83	19601.0711	81.71	239.89	114%
5	V6-B5	10.18	20.55	3.860	1.68E-03	2297.75	20637.52882	81.39	253.56	121%
6	V6-B6	10.04	20.34	3.850	1.67E-03	2301.38	19457.73602	79.17	245.77	117%

f' c promedio (kg/cm2) 249.44 119%



ANEXO B4: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DMCP + 3.5% PAA)

Tabla 150

Resistencia a la compresión (3.5% PAA, 28 días)

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO”	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
NTP 339.034 / MITCE 704 / ASTM C39	
f'c de diseño:	210 kg/cm2
% de PAA:	3.5 %
Temperatura	22.5 °C
Fecha de moldeo:	10/08/2023
Fecha de rotura:	07/09/2023
Tiempo de madurez:	28

N	Muestra ID	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	Carga (kg)	Área (cm2)	f'c (kg/cm2)	% Evolución
1	V7-B1	10.17	20.49	3.869	1.68E-03	2299.24	16266.26271	81.23	200.25	95%
2	V7-B2	10.13	20.45	3.869	1.68E-03	2300.17	16853.66435	80.6	209.1	100%
3	V7-B3	10.12	20.32	3.876	1.69E-03	2296.75	16034.93079	80.44	199.34	95%
4	V7-B4	10.15	20.49	3.853	1.68E-03	2296.13	15891.59572	80.91	196.41	94%
5	V7-B5	10.15	20.30	3.850	1.68E-03	2292.79	16663.15571	80.91	205.95	98%
6	V7-B6	10.14	20.51	3.864	1.68E-03	2298.67	17099.05762	80.75	211.75	101%

f'c promedio (kg/cm2)	203.8
%	97%

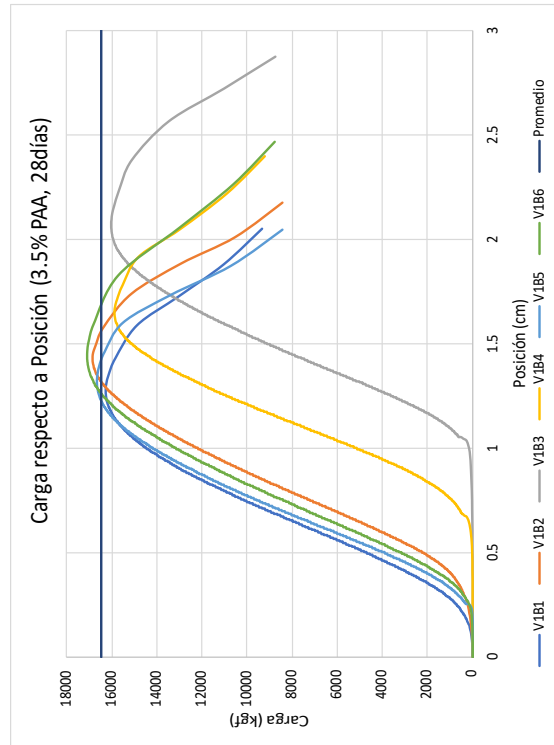
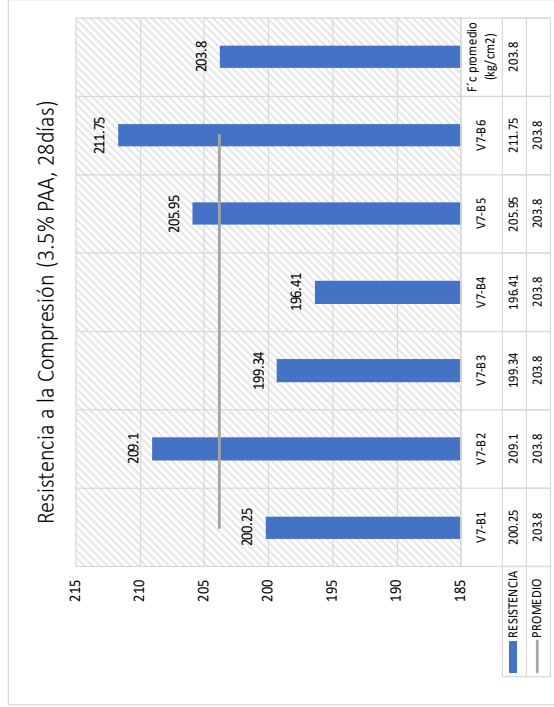


Tabla 151

Resistencia a la compresión (3.5% PAA, 42 días)

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO”

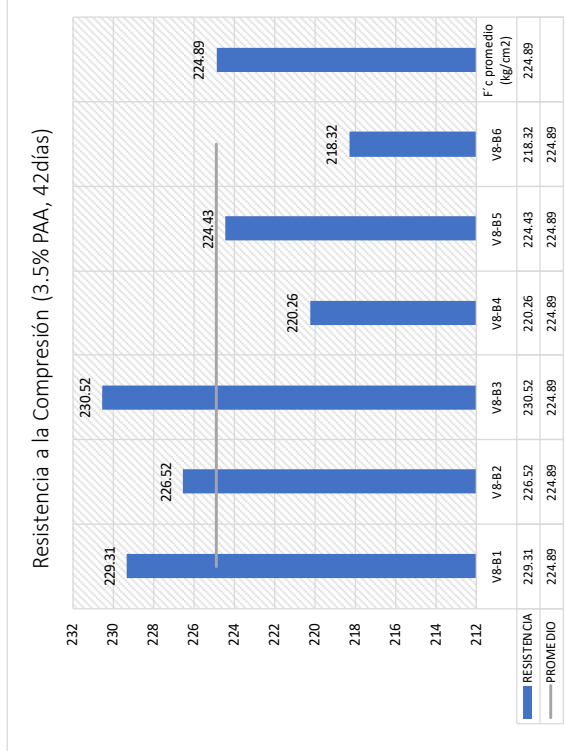
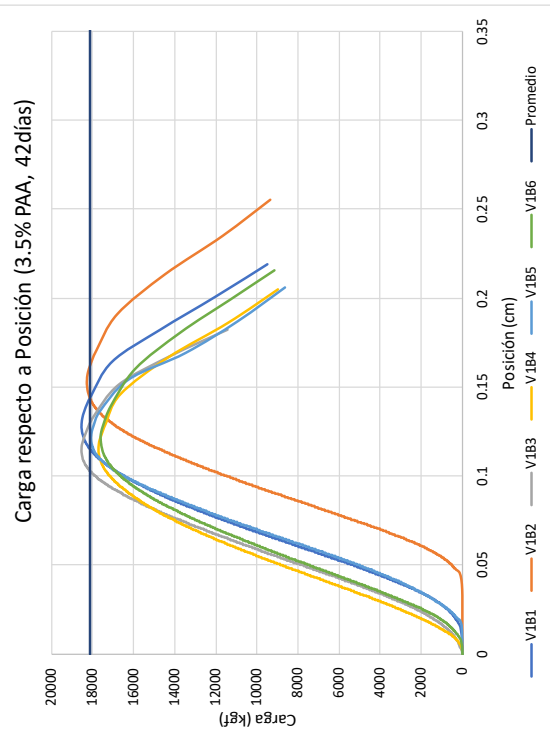
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / MICE 704 / ASTM C39

f'c de diseño:	210	kg/cm2	Fecha de moldeo:	11/08/2023
% de PAA:	3.5	%	Fecha de rotura:	22/09/2023
Temperatura	22.5	°C	Tiempo de madurez	42

N	Muestra	Dprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Volumen (cm3)	Densidad (kg/cm3)	Carga (kg)	Área (cm2)	f'c (kg/cm2)	% Evolución
1	V8-B1	10.14	20.49	3.775	1.64E-03	2299.94	18516.53262	80.75	229.31	109%
2	V8-B2	10.14	20.46	3.800	1.65E-03	2296.59	18291.0974	80.75	226.52	108%
3	V8-B3	10.12	20.45	3.794	1.65E-03	2297.2	18543.29455	80.44	230.52	110%
4	V8-B4	10.12	20.32	3.773	1.64E-03	2296.21	17717.75711	80.44	220.26	105%
5	V8-B5	10.13	20.49	3.800	1.65E-03	2297.54	18089.24896	80.6	224.43	107%
6	V8-B6	10.13	20.51	3.808	1.66E-03	2300.02	17596.19446	80.6	218.32	104%

f'c promedio (kg/cm2) 224.89 107%



ANEXO C: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON

ANEXO C1: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP + 0% PAA)

Tabla 152

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V1-B1 al B6, 0% PAA, 28 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
MUESTRA:	V1-B1	DIAMETRO (cm):				10.15
%PAA	0	ÁREA (cm ²):				80.91
FECHA DE VACIADO:	01/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL				10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN				10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	271.48	LONGITUD PROM. DE MUESTRA				20.51
RESISTENCIA AL 40% f_c (kg/cm ²):	108.59	CARGA DE RORUTA (kg)				21966.45
		CARGA AL 40% f_c (kg):				8786.58

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	3.81E-05	4.17E-06	6.18
3	1000	0.006	0.001	5.44E-05	8.33E-06	12.36
4	1500	0.009	0.001	8.71E-05	1.25E-05	18.54
5	2000	0.013	0.002	1.20E-04	1.67E-05	24.72
6	2500	0.015	0.003	1.41E-04	2.50E-05	30.9
7	3000	0.017	0.003	1.63E-04	3.33E-05	37.08
8	3500	0.020	0.004	1.90E-04	3.75E-05	43.26
9	4000	0.022	0.004	2.12E-04	4.17E-05	49.44
10	4500	0.025	0.005	2.39E-04	4.58E-05	55.61
11	5000	0.027	0.005	2.61E-04	5.00E-05	61.79
12	5500	0.031	0.006	2.94E-04	5.83E-05	67.97
13	6000	0.033	0.007	3.10E-04	6.67E-05	74.15
14	6500	0.036	0.008	3.43E-04	7.50E-05	80.33
15	7000	0.038	0.008	3.59E-04	7.92E-05	86.51
16	7500	0.041	0.008	3.86E-04	8.33E-05	92.69
17	8000	0.043	0.009	4.14E-04	9.17E-05	98.87
18	8500	0.046	0.010	4.41E-04	9.58E-05	105.05
19	9000	0.049	0.010	4.63E-04	1.00E-04	111.23
20	9500	0.053	0.011	5.01E-04	1.08E-04	117.41
21	10000	0.054	0.011	5.17E-04	1.13E-04	123.59
22	10500	0.056	0.012	5.33E-04	1.17E-04	129.77
23	11000	0.061	0.013	5.77E-04	1.25E-04	135.95
24	11500	0.064	0.013	6.10E-04	1.33E-04	142.13
25	12000	0.067	0.014	6.37E-04	1.38E-04	148.31
26	12500	0.069	0.014	6.59E-04	1.42E-04	154.49
27	13000	0.072	0.015	6.86E-04	1.50E-04	160.67

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f_c A $d=0.000050$ (S1)	10.69
40% (f_c) (S2)	108.59
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.53E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	242765.91
Módulo E_c (Gpa)	23.81

MÓDULO DE POISSON	
$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.53E-04
$d=0.000050$ (eh1)	7.20E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	9.82E-05
Poisson	0.226

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V1-B2	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	0	ÁREA (cm²):	80.75
FECHA DE VACIADO:	01/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm²)	273.77	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.54
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm²):	109.51	CARGA DE RORUTA (kg)	22108.11
		CARGA AL 40% f'c (kg):	8843.24

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.000	1.50E-05	4.55E-06	6.19
3	1000	0.004	0.001	3.51E-05	9.09E-06	12.38
4	1500	0.006	0.002	5.51E-05	1.82E-05	18.57
5	2000	0.009	0.002	8.52E-05	2.27E-05	24.77
6	2500	0.012	0.003	1.10E-04	2.73E-05	30.96
7	3000	0.015	0.003	1.40E-04	3.18E-05	37.15
8	3500	0.018	0.005	1.70E-04	4.55E-05	43.34
9	4000	0.021	0.005	1.95E-04	5.00E-05	49.53
10	4500	0.023	0.005	2.21E-04	5.45E-05	55.72
11	5000	0.026	0.006	2.46E-04	6.36E-05	61.92
12	5500	0.028	0.007	2.71E-04	7.27E-05	68.11
13	6000	0.030	0.008	2.86E-04	7.73E-05	74.3
14	6500	0.033	0.008	3.16E-04	8.18E-05	80.49
15	7000	0.036	0.009	3.46E-04	8.64E-05	86.68
16	7500	0.038	0.009	3.61E-04	9.09E-05	92.87
17	8000	0.041	0.010	3.91E-04	9.55E-05	99.07
18	8500	0.043	0.010	4.11E-04	1.00E-04	105.26
19	9000	0.046	0.010	4.41E-04	1.05E-04	111.45
20	9500	0.050	0.011	4.76E-04	1.09E-04	117.64
21	10000	0.052	0.011	4.91E-04	1.14E-04	123.83
22	10500	0.055	0.012	5.26E-04	1.18E-04	130.02
23	11000	0.058	0.013	5.56E-04	1.27E-04	136.22
24	11500	0.061	0.013	5.81E-04	1.32E-04	142.41
25	12000	0.063	0.014	5.96E-04	1.36E-04	148.6
26	12500	0.067	0.014	6.37E-04	1.39E-04	154.79
27	13000	0.068	0.014	6.52E-04	1.41E-04	160.98
28	13500	0.072	0.015	6.82E-04	1.45E-04	167.17
29	14000	0.074	0.015	7.07E-04	1.50E-04	173.37

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	16.98
40% (f'c) (S2)	109.51
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.32E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	242421.10
Módulo Ec (Gpa)	23.77

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.32E-04
d=0.000050 (eh1)	1.59E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	1.03E-04
Poisson	0.229

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V1-B3	DIAMETRO (cm):	10.19
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	81.55
FECHA DE VACIADO:	01/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.50
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10.00
RESISTENCIA (kg/cm ²)	284.12	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.45
RESISTENCIA AL 40% f'_c (kg/cm ²):	113.65	CARGA DE RORUTA (kg)	23170.75
		CARGA AL 40% f'_c (kg):	9268.30

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.88E-05	3.23E-06	6.13
3	1000	0.005	0.001	5.03E-05	6.45E-06	12.26
4	1500	0.007	0.001	6.83E-05	1.29E-05	18.39
5	2000	0.010	0.002	9.70E-05	1.61E-05	24.52
6	2500	0.012	0.002	1.15E-04	1.94E-05	30.66
7	3000	0.015	0.003	1.40E-04	2.58E-05	36.79
8	3500	0.017	0.003	1.62E-04	3.23E-05	42.92
9	4000	0.019	0.004	1.83E-04	3.87E-05	49.05
10	4500	0.024	0.005	2.26E-04	4.52E-05	55.18
11	5000	0.026	0.005	2.48E-04	4.84E-05	61.31
12	5500	0.029	0.005	2.80E-04	5.16E-05	67.44
13	6000	0.032	0.006	3.05E-04	5.81E-05	73.57
14	6500	0.034	0.006	3.23E-04	6.45E-05	79.7
15	7000	0.037	0.007	3.49E-04	7.10E-05	85.83
16	7500	0.039	0.008	3.74E-04	7.74E-05	91.97
17	8000	0.041	0.008	3.92E-04	8.39E-05	98.1
18	8500	0.044	0.009	4.20E-04	9.03E-05	104.23
19	9000	0.046	0.010	4.35E-04	9.68E-05	110.36
20	9500	0.047	0.010	4.49E-04	1.00E-04	116.49
21	10000	0.048	0.010	4.60E-04	1.03E-04	122.62
22	10500	0.050	0.011	4.74E-04	1.10E-04	128.75
23	11000	0.050	0.012	4.78E-04	1.16E-04	134.88
24	11500	0.052	0.012	4.92E-04	1.23E-04	141.01
25	12000	0.052	0.013	5.00E-04	1.29E-04	147.14
26	12500	0.053	0.013	5.07E-04	1.32E-04	153.28
27	13000	0.054	0.014	5.18E-04	1.35E-04	159.41
28	13500	0.055	0.014	5.25E-04	1.42E-04	165.54

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'_c A $d=0.000050$ (S1)	12.17
40% (f'_c) (S2)	113.65
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f'_c último (ev2)	4.43E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	258494.06
Módulo E_c (Gpa)	25.35

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'_c último (ev2)	4.43E-04
$d=0.000050$ (eh1)	6.40E-06
d A 40% de f'_c último (eh2)	9.85E-05
Poisson	0.235

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V1-B4	DIAMETRO (cm):	10.12
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.44
FECHA DE VACIADO:	01/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	287.11	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.48
RESISTENCIA AL	114.84	CARGA DE RORUTA (kg)	23094
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9237.6

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	3.53E-05	4.07E-06	6.22
3	1000	0.005	0.001	5.04E-05	8.13E-06	12.43
4	1500	0.008	0.001	8.06E-05	1.22E-05	18.65
5	2000	0.012	0.002	1.11E-04	1.63E-05	24.86
6	2500	0.014	0.002	1.31E-04	2.44E-05	31.08
7	3000	0.016	0.003	1.51E-04	3.25E-05	37.3
8	3500	0.019	0.004	1.76E-04	3.66E-05	43.51
9	4000	0.021	0.004	1.97E-04	4.07E-05	49.73
10	4500	0.023	0.004	2.22E-04	4.47E-05	55.95
11	5000	0.025	0.005	2.42E-04	4.88E-05	62.16
12	5500	0.029	0.006	2.72E-04	5.69E-05	68.38
13	6000	0.030	0.007	2.87E-04	6.50E-05	74.59
14	6500	0.033	0.007	3.17E-04	7.32E-05	80.81
15	7000	0.035	0.008	3.33E-04	7.72E-05	87.03
16	7500	0.038	0.008	3.58E-04	8.13E-05	93.24
17	8000	0.040	0.009	3.83E-04	8.94E-05	99.46
18	8500	0.043	0.009	4.08E-04	9.35E-05	105.67
19	9000	0.045	0.010	4.28E-04	9.76E-05	111.89
20	9500	0.049	0.011	4.64E-04	1.06E-04	118.11
21	10000	0.050	0.011	4.79E-04	1.10E-04	124.32
22	10500	0.052	0.011	4.94E-04	1.14E-04	130.54
23	11000	0.056	0.012	5.34E-04	1.22E-04	136.75
24	11500	0.059	0.013	5.64E-04	1.30E-04	142.97
25	12000	0.062	0.013	5.90E-04	1.34E-04	149.19
26	12500	0.064	0.014	6.10E-04	1.38E-04	155.4
27	13000	0.067	0.015	6.35E-04	1.46E-04	161.62

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	12.27
40% (f'c) (S2)	114.84
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.45E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	259635.10
Módulo Ec (Gpa)	25.46

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.45E-04
d=0.000050 (eh1)	8.03E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	1.01E-04
Poisson	0.236

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V1-B5	DIAMETRO (cm):	10.17
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	81.23
FECHA DE VACIADO:	01/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	280.66	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.50
RESISTENCIA AL 40%f'c	112.26	CARGA DE RORUTA (kg)	22798.82
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9119.53

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.000	1.43E-05	4.55E-06	6.19
3	1000	0.004	0.001	3.33E-05	9.09E-06	12.38
4	1500	0.006	0.002	5.24E-05	1.82E-05	18.57
5	2000	0.009	0.002	8.10E-05	2.27E-05	24.77
6	2500	0.011	0.003	1.05E-04	2.73E-05	30.96
7	3000	0.014	0.003	1.33E-04	3.18E-05	37.15
8	3500	0.017	0.005	1.62E-04	4.55E-05	43.34
9	4000	0.020	0.005	1.86E-04	5.00E-05	49.53
10	4500	0.022	0.005	2.10E-04	5.45E-05	55.72
11	5000	0.025	0.006	2.33E-04	6.36E-05	61.92
12	5500	0.027	0.007	2.57E-04	7.27E-05	68.11
13	6000	0.029	0.008	2.71E-04	7.73E-05	74.3
14	6500	0.032	0.008	3.00E-04	8.18E-05	80.49
15	7000	0.035	0.009	3.29E-04	8.64E-05	86.68
16	7500	0.036	0.009	3.43E-04	9.09E-05	92.87
17	8000	0.039	0.010	3.71E-04	9.55E-05	99.07
18	8500	0.041	0.010	3.90E-04	1.00E-04	105.26
19	9000	0.044	0.010	4.19E-04	1.05E-04	111.45
20	9500	0.048	0.011	4.52E-04	1.09E-04	117.64
21	10000	0.049	0.011	4.67E-04	1.14E-04	123.83
22	10500	0.053	0.012	5.00E-04	1.18E-04	130.02
23	11000	0.056	0.013	5.29E-04	1.27E-04	136.22
24	11500	0.058	0.013	5.52E-04	1.32E-04	142.41
25	12000	0.060	0.014	5.67E-04	1.36E-04	148.6
26	12500	0.064	0.014	6.05E-04	1.39E-04	154.79
27	13000	0.065	0.014	6.19E-04	1.41E-04	160.98
28	13500	0.068	0.015	6.48E-04	1.45E-04	167.17
29	14000	0.071	0.015	6.71E-04	1.50E-04	173.37

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	17.80
40% (f'c) (S2)	112.26
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.23E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	252972.41
Módulo Ec (Gpa)	24.81

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.23E-04
d=0.000050 (eh1)	1.70E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	1.05E-04
Poisson	0.236

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V1-B6	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.75
FECHA DE VACIADO:	01/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	278.65	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.53
RESISTENCIA AL 40%f'c	111.46	CARGA DE RORUTA (kg)	22502.19
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9000.88

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.99E-05	3.33E-06	6.13
3	1000	0.005	0.001	5.23E-05	6.67E-06	12.26
4	1500	0.007	0.001	7.10E-05	1.33E-05	18.39
5	2000	0.011	0.002	1.01E-04	1.67E-05	24.52
6	2500	0.013	0.002	1.20E-04	2.00E-05	30.66
7	3000	0.015	0.003	1.46E-04	2.67E-05	36.79
8	3500	0.018	0.003	1.68E-04	3.33E-05	42.92
9	4000	0.020	0.004	1.90E-04	4.00E-05	49.05
10	4500	0.025	0.005	2.35E-04	4.67E-05	55.18
11	5000	0.027	0.005	2.58E-04	5.00E-05	61.31
12	5500	0.031	0.005	2.91E-04	5.33E-05	67.44
13	6000	0.033	0.006	3.17E-04	6.00E-05	73.57
14	6500	0.035	0.007	3.36E-04	6.67E-05	79.7
15	7000	0.038	0.007	3.62E-04	7.33E-05	85.83
16	7500	0.041	0.008	3.88E-04	8.00E-05	91.97
17	8000	0.043	0.009	4.07E-04	8.67E-05	98.1
18	8500	0.046	0.009	4.37E-04	9.33E-05	104.23
19	9000	0.047	0.010	4.52E-04	1.00E-04	110.36
20	9500	0.049	0.010	4.67E-04	1.03E-04	116.49
21	10000	0.050	0.011	4.78E-04	1.07E-04	122.62
22	10500	0.052	0.011	4.93E-04	1.13E-04	128.75
23	11000	0.052	0.012	4.97E-04	1.20E-04	134.88
24	11500	0.054	0.013	5.12E-04	1.27E-04	141.01
25	12000	0.055	0.013	5.19E-04	1.33E-04	147.14
26	12500	0.055	0.014	5.27E-04	1.37E-04	153.28
27	13000	0.056	0.014	5.38E-04	1.40E-04	159.41
28	13500	0.057	0.015	5.45E-04	1.47E-04	165.54

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	11.63
40% (f'c) (S2)	111.46
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.55E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	246730.18
Módulo Ec (Gpa)	24.2

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.55E-04
d=0.000050 (eh1)	6.33E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	1.01E-04
Poisson	0.233

Tabla 153

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V2-B1 al B6, 0% PAA, 42 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²						
MUESTRA:	V2-B1	DIAMETRO (cm):	10.11			
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.28			
FECHA DE VACIADO:	02/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm ²)	299.47	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.49			
RESISTENCIA AL 40%F _c (kg/cm ²):	119.79	CARGA DE RORUTA (kg)	24040.61			
		CARGA AL 40% F _c (kg):	9616.244			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	3.50E-05	4.06E-06	6.23
3	1000	0.005	0.001	4.99E-05	8.12E-06	12.46
4	1500	0.008	0.001	7.99E-05	1.22E-05	18.69
5	2000	0.012	0.002	1.10E-04	1.62E-05	24.91
6	2500	0.014	0.002	1.30E-04	2.44E-05	31.14
7	3000	0.016	0.003	1.50E-04	3.25E-05	37.37
8	3500	0.018	0.004	1.75E-04	3.65E-05	43.6
9	4000	0.020	0.004	1.95E-04	4.06E-05	49.83
10	4500	0.023	0.004	2.20E-04	4.46E-05	56.06
11	5000	0.025	0.005	2.40E-04	4.87E-05	62.28
12	5500	0.028	0.006	2.70E-04	5.68E-05	68.51
13	6000	0.030	0.006	2.85E-04	6.49E-05	74.74
14	6500	0.033	0.007	3.15E-04	7.31E-05	80.97
15	7000	0.035	0.008	3.30E-04	7.71E-05	87.2
16	7500	0.037	0.008	3.55E-04	8.12E-05	93.43
17	8000	0.040	0.009	3.80E-04	8.93E-05	99.65
18	8500	0.042	0.009	4.05E-04	9.33E-05	105.88
19	9000	0.045	0.010	4.25E-04	9.74E-05	112.11
20	9500	0.048	0.011	4.59E-04	1.06E-04	118.34
21	10000	0.050	0.011	4.74E-04	1.10E-04	124.57
22	10500	0.051	0.011	4.89E-04	1.14E-04	130.8
23	11000	0.056	0.012	5.29E-04	1.22E-04	137.03
24	11500	0.059	0.013	5.59E-04	1.30E-04	143.25
25	12000	0.061	0.013	5.84E-04	1.34E-04	149.48
26	12500	0.063	0.014	6.04E-04	1.38E-04	155.71
27	13000	0.066	0.015	6.29E-04	1.46E-04	161.94

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f _c A d=0.000050 (S1)	12.47
40% (F _c) (S2)	119.79
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	4.63E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	259880.80
Módulo Ec (Gpa)	25.49

MÓDULO DE POISSON	
d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	4.63E-04
d=0.000050 (eh1)	8.12E-06
d A 40% de f _c último (eh2)	1.06E-04
Poisson	0.238

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V2-B2	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.75
FECHA DE VACIADO:	02/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	297.84	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.47
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm ²):	119.14	CARGA DE RORUTA (kg)	24051.87
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9620.75

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.001	0.000	1.37E-05	4.55E-06	6.19
3	1000	0.003	0.001	3.20E-05	9.09E-06	12.38
4	1500	0.005	0.002	5.02E-05	1.82E-05	18.57
5	2000	0.008	0.002	7.77E-05	2.27E-05	24.77
6	2500	0.011	0.003	1.00E-04	2.73E-05	30.96
7	3000	0.013	0.003	1.28E-04	3.18E-05	37.15
8	3500	0.016	0.005	1.55E-04	4.55E-05	43.34
9	4000	0.019	0.005	1.78E-04	5.00E-05	49.53
10	4500	0.021	0.005	2.01E-04	5.45E-05	55.72
11	5000	0.024	0.006	2.24E-04	6.36E-05	61.92
12	5500	0.026	0.007	2.47E-04	7.27E-05	68.11
13	6000	0.027	0.008	2.60E-04	7.73E-05	74.3
14	6500	0.030	0.008	2.88E-04	8.18E-05	80.49
15	7000	0.033	0.009	3.15E-04	8.64E-05	86.68
16	7500	0.035	0.009	3.29E-04	9.09E-05	92.87
17	8000	0.037	0.010	3.56E-04	9.55E-05	99.07
18	8500	0.039	0.010	3.75E-04	1.00E-04	105.26
19	9000	0.042	0.010	4.02E-04	1.05E-04	111.45
20	9500	0.046	0.011	4.34E-04	1.09E-04	117.64
21	10000	0.047	0.011	4.48E-04	1.14E-04	123.83
22	10500	0.050	0.012	4.80E-04	1.18E-04	130.02
23	11000	0.053	0.013	5.07E-04	1.27E-04	136.22
24	11500	0.056	0.013	5.30E-04	1.32E-04	142.41
25	12000	0.057	0.014	5.44E-04	1.36E-04	148.6
26	12500	0.061	0.014	5.80E-04	1.39E-04	154.79
27	13000	0.062	0.014	5.94E-04	1.41E-04	160.98
28	13500	0.065	0.015	6.21E-04	1.45E-04	167.17
29	14000	0.068	0.015	6.44E-04	1.50E-04	173.37

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	18.49
40% (f'c) (S2)	119.14
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.37E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	259907.24
Módulo Ec (Gpa)	25.49

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.37E-04
d=0.000050 (eh1)	1.81E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	1.10E-04
Poisson	0.238

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V2-B3	DIAMETRO (cm):	10.10
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.12
FECHA DE VACIADO:	02/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	296.97	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.44
RESISTENCIA AL 40%f _c (kg/cm ²):	118.79	CARGA DE RORUTA (kg)	23792.78
		CARGA AL 40% f _c (kg):	9517.11

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.95E-05	3.34E-06	6.24
3	1000	0.005	0.001	5.17E-05	6.67E-06	12.48
4	1500	0.007	0.001	7.01E-05	1.33E-05	18.72
5	2000	0.010	0.002	9.97E-05	1.67E-05	24.96
6	2500	0.012	0.002	1.18E-04	2.00E-05	31.2
7	3000	0.015	0.003	1.44E-04	2.67E-05	37.44
8	3500	0.017	0.003	1.66E-04	3.34E-05	43.69
9	4000	0.020	0.004	1.88E-04	4.00E-05	49.93
10	4500	0.024	0.005	2.33E-04	4.67E-05	56.17
11	5000	0.027	0.005	2.55E-04	5.00E-05	62.41
12	5500	0.030	0.005	2.88E-04	5.34E-05	68.65
13	6000	0.033	0.006	3.14E-04	6.00E-05	74.89
14	6500	0.035	0.007	3.32E-04	6.67E-05	81.13
15	7000	0.038	0.007	3.58E-04	7.34E-05	87.37
16	7500	0.040	0.008	3.84E-04	8.01E-05	93.61
17	8000	0.042	0.009	4.02E-04	8.67E-05	99.85
18	8500	0.045	0.009	4.32E-04	9.34E-05	106.09
19	9000	0.047	0.010	4.47E-04	1.00E-04	112.33
20	9500	0.048	0.010	4.61E-04	1.03E-04	118.57
21	10000	0.050	0.011	4.72E-04	1.07E-04	124.82
22	10500	0.051	0.011	4.87E-04	1.13E-04	131.06
23	11000	0.052	0.012	4.91E-04	1.20E-04	137.3
24	11500	0.053	0.013	5.06E-04	1.27E-04	143.54
25	12000	0.054	0.013	5.13E-04	1.33E-04	149.78
26	12500	0.055	0.014	5.20E-04	1.37E-04	156.02
27	13000	0.056	0.014	5.32E-04	1.40E-04	162.26
28	13500	0.057	0.015	5.39E-04	1.47E-04	168.5

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f _c A d=0.000050 (S1)	12.01
40% (f _c) (S2)	118.79
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	4.62E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	259296.53
Módulo E_c (Gpa)	25.43

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	4.62E-04
d=0.000050 (eh1)	6.42E-06
d A 40% de f _c último (eh2)	1.04E-04
Poisson	0.236

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V2-B4	DIAMETRO (cm):	10.15
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.914
FECHA DE VACIADO:	02/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	298.29	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.39
RESISTENCIA AL	119.32	CARGA DE RORUTA (kg)	24135.74
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9654.296

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	3.48E-05	4.00E-06	6.18
3	1000	0.005	0.001	4.97E-05	8.00E-06	12.36
4	1500	0.008	0.001	7.96E-05	1.20E-05	18.54
5	2000	0.011	0.002	1.09E-04	1.60E-05	24.72
6	2500	0.014	0.002	1.29E-04	2.40E-05	30.9
7	3000	0.016	0.003	1.49E-04	3.20E-05	37.08
8	3500	0.018	0.004	1.74E-04	3.60E-05	43.26
9	4000	0.020	0.004	1.94E-04	4.00E-05	49.44
10	4500	0.023	0.004	2.19E-04	4.40E-05	55.61
11	5000	0.025	0.005	2.39E-04	4.80E-05	61.79
12	5500	0.028	0.006	2.69E-04	5.60E-05	67.97
13	6000	0.030	0.006	2.83E-04	6.40E-05	74.15
14	6500	0.033	0.007	3.13E-04	7.20E-05	80.33
15	7000	0.034	0.008	3.28E-04	7.60E-05	86.51
16	7500	0.037	0.008	3.53E-04	8.00E-05	92.69
17	8000	0.040	0.009	3.78E-04	8.80E-05	98.87
18	8500	0.042	0.009	4.03E-04	9.20E-05	105.05
19	9000	0.044	0.010	4.23E-04	9.60E-05	111.23
20	9500	0.048	0.010	4.58E-04	1.04E-04	117.41
21	10000	0.050	0.011	4.72E-04	1.08E-04	123.59
22	10500	0.051	0.011	4.87E-04	1.12E-04	129.77
23	11000	0.055	0.012	5.27E-04	1.20E-04	135.95
24	11500	0.058	0.013	5.57E-04	1.28E-04	142.13
25	12000	0.061	0.013	5.82E-04	1.32E-04	148.31
26	12500	0.063	0.014	6.02E-04	1.36E-04	154.49
27	13000	0.066	0.014	6.27E-04	1.44E-04	160.67

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	12.42
40% (f'c) (S2)	119
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.62E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	259378.04
Módulo Ec (Gpa)	25.44

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.62E-04
d=0.000050 (eh1)	8.04E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	1.05E-04
Poisson	0.236

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V2-B5	DIAMETRO (cm):	10.11
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.277
FECHA DE VACIADO:	02/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	302.36	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.53
RESISTENCIA AL 40% f_c	120.94	CARGA DE RORUTA (kg)	24272.61
		CARGA AL 40% f_c (kg):	9709.04

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.001	0.000	1.38E-05	4.61E-06	6.19
3	1000	0.003	0.001	3.22E-05	9.22E-06	12.38
4	1500	0.005	0.002	5.06E-05	1.84E-05	18.57
5	2000	0.008	0.002	7.82E-05	2.30E-05	24.77
6	2500	0.011	0.003	1.01E-04	2.76E-05	30.96
7	3000	0.014	0.003	1.29E-04	3.23E-05	37.15
8	3500	0.016	0.005	1.56E-04	4.61E-05	43.34
9	4000	0.019	0.005	1.79E-04	5.07E-05	49.53
10	4500	0.021	0.006	2.02E-04	5.53E-05	55.72
11	5000	0.024	0.006	2.25E-04	6.45E-05	61.92
12	5500	0.026	0.007	2.48E-04	7.37E-05	68.11
13	6000	0.028	0.008	2.62E-04	7.83E-05	74.3
14	6500	0.030	0.008	2.90E-04	8.29E-05	80.49
15	7000	0.033	0.009	3.17E-04	8.76E-05	86.68
16	7500	0.035	0.009	3.31E-04	9.22E-05	92.87
17	8000	0.038	0.010	3.59E-04	9.68E-05	99.07
18	8500	0.040	0.010	3.77E-04	1.01E-04	105.26
19	9000	0.043	0.011	4.05E-04	1.06E-04	111.45
20	9500	0.046	0.011	4.37E-04	1.11E-04	117.64
21	10000	0.047	0.012	4.51E-04	1.15E-04	123.83
22	10500	0.051	0.012	4.83E-04	1.20E-04	130.02
23	11000	0.054	0.013	5.11E-04	1.29E-04	136.22
24	11500	0.056	0.013	5.34E-04	1.34E-04	142.41
25	12000	0.057	0.014	5.48E-04	1.38E-04	148.6
26	12500	0.061	0.014	5.84E-04	1.41E-04	154.79
27	13000	0.063	0.014	5.98E-04	1.43E-04	160.98
28	13500	0.066	0.015	6.26E-04	1.47E-04	167.17
29	14000	0.068	0.015	6.49E-04	1.52E-04	173.37

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	18.36
40% (f_c) (S2)	120.94
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.44E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	260055.63
Módulo E_c (Gpa)	25.5

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.44E-04
$d=0.000050$ (eh1)	1.81E-05
d A 40% de f_c último (eh2)	1.13E-04
Poisson	0.241

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V2-B6	DIAMETRO (cm):	10.10
%PAA	0	ÁREA (cm ²):	80.118
FECHA DE VACIADO:	02/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	305.24	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.48
RESISTENCIA AL 40%f'c	122.10	CARGA DE RORUTA (kg)	24455.36
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9782.14

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.98E-05	3.42E-06	6.24
3	1000	0.005	0.001	5.22E-05	6.85E-06	12.48
4	1500	0.007	0.001	7.08E-05	1.37E-05	18.72
5	2000	0.011	0.002	1.01E-04	1.71E-05	24.96
6	2500	0.013	0.002	1.19E-04	2.05E-05	31.2
7	3000	0.015	0.003	1.45E-04	2.74E-05	37.44
8	3500	0.018	0.003	1.68E-04	3.42E-05	43.69
9	4000	0.020	0.004	1.90E-04	4.11E-05	49.93
10	4500	0.025	0.005	2.35E-04	4.79E-05	56.17
11	5000	0.027	0.005	2.57E-04	5.14E-05	62.41
12	5500	0.031	0.005	2.91E-04	5.48E-05	68.65
13	6000	0.033	0.006	3.17E-04	6.16E-05	74.89
14	6500	0.035	0.007	3.35E-04	6.85E-05	81.13
15	7000	0.038	0.008	3.61E-04	7.53E-05	87.37
16	7500	0.041	0.008	3.88E-04	8.22E-05	93.61
17	8000	0.043	0.009	4.06E-04	8.90E-05	99.85
18	8500	0.046	0.010	4.36E-04	9.59E-05	106.09
19	9000	0.047	0.010	4.51E-04	1.03E-04	112.33
20	9500	0.049	0.011	4.66E-04	1.06E-04	118.57
21	10000	0.050	0.011	4.77E-04	1.10E-04	124.82
22	10500	0.052	0.012	4.92E-04	1.16E-04	131.06
23	11000	0.052	0.012	4.96E-04	1.23E-04	137.3
24	11500	0.054	0.013	5.11E-04	1.30E-04	143.54
25	12000	0.054	0.014	5.18E-04	1.37E-04	149.78
26	12500	0.055	0.014	5.25E-04	1.40E-04	156.02
27	13000	0.056	0.014	5.37E-04	1.44E-04	162.26
28	13500	0.057	0.015	5.44E-04	1.51E-04	168.5

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	11.87
40% (f'c) (S2)	122
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.72E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	261095.26
Módulo Ec (Gpa)	25.6

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.72E-04
d=0.000050 (eh1)	6.52E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	1.08E-04
Poisson	0.241

ANEXO C2: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP + 1.5% PAA)

Tabla 154

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V3-B1 al B6, 1.5% PAA, 28 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
MUESTRA:	V3-B1	DIAMETRO (cm):	10.13			
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.59512479			
FECHA DE VACIADO:	03/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm ²)	240.54	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.45			
RESISTENCIA AL 40% f_c (kg/cm ²):	96.22	CARGA DE RORUTA (kg)	19386.35			
		CARGA AL 40% f_c (kg):	7754.54			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.85E-05	4.06E-06	6.2
3	1000	0.009	0.001	8.31E-05	8.11E-06	12.41
4	1500	0.013	0.002	1.21E-04	1.62E-05	18.61
5	2000	0.016	0.002	1.56E-04	2.03E-05	24.82
6	2500	0.019	0.002	1.80E-04	2.43E-05	31.02
7	3000	0.022	0.003	2.08E-04	2.84E-05	37.22
8	3500	0.025	0.004	2.39E-04	3.65E-05	43.43
9	4000	0.027	0.004	2.60E-04	4.06E-05	49.63
10	4500	0.030	0.005	2.87E-04	4.87E-05	55.83
11	5000	0.033	0.005	3.15E-04	5.27E-05	62.04
12	5500	0.037	0.006	3.50E-04	6.09E-05	68.24
13	6000	0.039	0.007	3.74E-04	6.90E-05	74.45
14	6500	0.041	0.007	3.95E-04	7.30E-05	80.65
15	7000	0.044	0.008	4.16E-04	8.11E-05	86.85
16	7500	0.045	0.009	4.33E-04	8.52E-05	93.06
17	8000	0.047	0.009	4.43E-04	9.33E-05	99.26
18	8500	0.048	0.010	4.57E-04	9.74E-05	105.47
19	9000	0.050	0.011	4.74E-04	1.05E-04	111.67
20	9500	0.052	0.011	4.92E-04	1.14E-04	117.87
21	10000	0.053	0.012	5.09E-04	1.18E-04	124.08
22	10500	0.055	0.012	5.23E-04	1.22E-04	130.28
23	11000	0.056	0.013	5.33E-04	1.26E-04	136.48
24	11500	0.057	0.013	5.47E-04	1.30E-04	142.69
25	12000	0.059	0.014	5.58E-04	1.38E-04	148.89
26	12500	0.060	0.014	5.71E-04	1.42E-04	155.1
27	13000	0.061	0.015	5.85E-04	1.46E-04	161.3

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f_c A $d=0.000050$ (S1)	6.47
40% (f_c) (S2)	96.22
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.38E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	231187.11
Módulo E_c (Gpa)	22.67

MÓDULO DE POISSON	
$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.38E-04
$d=0.000050$ (eh1)	4.23E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	8.93E-05
Poisson	0.219

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V3-B2	DIAMETRO (cm):	10.17
%PAA	1.5	ÁREA (cm²):	81.2328681
FECHA DE VACIADO:	03/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm²)	245.22	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.51
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm²):	98.09	CARGA DE RORUTA (kg)	19919.92
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7967.97

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.55E-05	4.33E-06	6.16
3	1000	0.009	0.001	8.13E-05	6.49E-06	12.31
4	1500	0.012	0.001	1.14E-04	8.66E-06	18.47
5	2000	0.016	0.002	1.50E-04	1.73E-05	24.62
6	2500	0.019	0.002	1.79E-04	2.16E-05	30.78
7	3000	0.022	0.003	2.05E-04	3.03E-05	36.93
8	3500	0.025	0.003	2.37E-04	3.46E-05	43.09
9	4000	0.028	0.004	2.67E-04	4.33E-05	49.24
10	4500	0.031	0.005	2.96E-04	5.19E-05	55.4
11	5000	0.034	0.006	3.25E-04	6.06E-05	61.55
12	5500	0.037	0.006	3.51E-04	6.49E-05	67.71
13	6000	0.038	0.007	3.64E-04	6.93E-05	73.86
14	6500	0.040	0.007	3.84E-04	7.36E-05	80.02
15	7000	0.042	0.008	4.00E-04	7.79E-05	86.17
16	7500	0.044	0.009	4.23E-04	8.66E-05	92.33
17	8000	0.046	0.009	4.36E-04	9.09E-05	98.48
18	8500	0.047	0.010	4.52E-04	9.96E-05	104.64
19	9000	0.050	0.011	4.75E-04	1.08E-04	110.79
20	9500	0.052	0.011	4.94E-04	1.13E-04	116.95
21	10000	0.054	0.012	5.14E-04	1.21E-04	123.1
22	10500	0.056	0.013	5.36E-04	1.26E-04	129.26
23	11000	0.058	0.013	5.53E-04	1.30E-04	135.41
24	11500	0.060	0.013	5.75E-04	1.34E-04	141.57
25	12000	0.062	0.014	5.95E-04	1.39E-04	147.72
26	12500	0.065	0.014	6.14E-04	1.43E-04	153.88
27	13000	0.067	0.015	6.37E-04	1.47E-04	160.03

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	6.93
40% (f'c) (S2)	98.09
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.35E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	236931.83
Módulo Ec (Gpa)	23.24

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.35E-04
d=0.000050 (eh1)	4.60E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	9.06E-05
Poisson	0.224

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V3-B3	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.754325
FECHA DE VACIADO:	03/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	246.28	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.44
RESISTENCIA AL 40% f'_c (kg/cm ²):	98.51	CARGA DE RORUTA (kg)	19888.18
		CARGA AL 40% f'_c (kg):	7955.27

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.54E-05	4.63E-06	6.19
3	1000	0.009	0.001	8.16E-05	9.26E-06	12.38
4	1500	0.012	0.001	1.15E-04	1.39E-05	18.57
5	2000	0.015	0.002	1.45E-04	1.85E-05	24.77
6	2500	0.018	0.002	1.75E-04	2.31E-05	30.96
7	3000	0.021	0.003	2.03E-04	2.78E-05	37.15
8	3500	0.024	0.004	2.30E-04	3.70E-05	43.34
9	4000	0.027	0.004	2.54E-04	4.17E-05	49.53
10	4500	0.030	0.005	2.84E-04	5.09E-05	55.72
11	5000	0.033	0.006	3.11E-04	5.56E-05	61.92
12	5500	0.036	0.006	3.39E-04	6.02E-05	68.11
13	6000	0.038	0.006	3.60E-04	6.48E-05	74.3
14	6500	0.040	0.007	3.81E-04	6.94E-05	80.49
15	7000	0.042	0.007	4.02E-04	7.41E-05	86.68
16	7500	0.044	0.008	4.23E-04	8.33E-05	92.87
17	8000	0.046	0.009	4.41E-04	9.26E-05	99.07
18	8500	0.048	0.010	4.54E-04	9.72E-05	105.26
19	9000	0.050	0.011	4.75E-04	1.06E-04	111.45
20	9500	0.052	0.011	4.93E-04	1.11E-04	117.64
21	10000	0.054	0.012	5.11E-04	1.20E-04	123.83
22	10500	0.056	0.013	5.29E-04	1.25E-04	130.02
23	11000	0.057	0.013	5.47E-04	1.30E-04	136.22
24	11500	0.059	0.014	5.65E-04	1.39E-04	142.41
25	12000	0.062	0.014	5.87E-04	1.44E-04	148.6
26	12500	0.064	0.015	6.08E-04	1.48E-04	154.79
27	13000	0.066	0.016	6.29E-04	1.57E-04	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'_c A $d=0.000050$ (S1)	6.98
40% (f'_c) (S2)	98.51
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f'_c último (ev2)	4.40E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	234816.93
Módulo E_c (Gpa)	23.03

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'_c último (ev2)	4.40E-04
$d=0.000050$ (eh1)	5.22E-06
d A 40% de f'_c último (eh2)	9.18E-05
Poisson	0.222

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V3-B4	DIAMETRO (cm):	10.16
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	81.07319666
FECHA DE VACIADO:	03/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	242.23	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.47
RESISTENCIA AL 40%f'c	96.89	CARGA DE RORUTA (kg)	19638.36
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7855.344

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.001	2.01E-05	8.20E-06	6.17
3	1000	0.005	0.002	4.68E-05	1.64E-05	12.33
4	1500	0.008	0.002	7.35E-05	1.64E-05	18.5
5	2000	0.011	0.002	1.04E-04	2.46E-05	24.67
6	2500	0.014	0.003	1.34E-04	3.28E-05	30.84
7	3000	0.018	0.004	1.70E-04	4.10E-05	37
8	3500	0.021	0.005	1.97E-04	4.92E-05	43.17
9	4000	0.024	0.006	2.24E-04	5.74E-05	49.34
10	4500	0.027	0.006	2.54E-04	5.74E-05	55.51
11	5000	0.029	0.007	2.81E-04	6.56E-05	61.67
12	5500	0.032	0.007	3.07E-04	6.56E-05	67.84
13	6000	0.035	0.007	3.31E-04	7.38E-05	74.01
14	6500	0.037	0.007	3.54E-04	7.38E-05	80.17
15	7000	0.039	0.007	3.74E-04	7.38E-05	86.34
16	7500	0.041	0.009	3.91E-04	9.02E-05	92.51
17	8000	0.043	0.010	4.11E-04	9.84E-05	98.68
18	8500	0.045	0.011	4.31E-04	1.07E-04	104.84
19	9000	0.048	0.011	4.58E-04	1.15E-04	111.01
20	9500	0.051	0.012	4.81E-04	1.23E-04	117.18
21	10000	0.053	0.014	5.01E-04	1.39E-04	123.35
22	10500	0.055	0.015	5.21E-04	1.48E-04	129.51
23	11000	0.057	0.016	5.41E-04	1.56E-04	135.68
24	11500	0.059	0.016	5.65E-04	1.64E-04	141.85
25	12000	0.062	0.019	5.88E-04	1.89E-04	148.01
26	12500	0.065	0.020	6.15E-04	1.97E-04	154.18
27	13000	0.068	0.021	6.45E-04	2.13E-04	160.35

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	13.07
40% (f'c) (S2)	96.89
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.05E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	235967.34
Módulo Ec (Gpa)	23.14

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.05E-04
d=0.000050 (eh1)	1.64E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	9.60E-05
Poisson	0.224

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V3-B5	DIAMETRO (cm):	10.15
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.91368229
FECHA DE VACIADO:	03/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	248.78	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.45
RESISTENCIA AL 40%f'c	99.51	CARGA DE RORUTA (kg)	20129.71
		CARGA AL 40% f'c (kg):	8051.88

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.001	2.85E-05	1.00E-05	6.16
3	1000	0.006	0.002	5.70E-05	1.50E-05	12.31
4	1500	0.009	0.003	8.86E-05	2.50E-05	18.47
5	2000	0.012	0.004	1.14E-04	3.50E-05	24.62
6	2500	0.015	0.004	1.42E-04	4.00E-05	30.78
7	3000	0.018	0.005	1.68E-04	5.00E-05	36.93
8	3500	0.021	0.006	1.99E-04	6.00E-05	43.09
9	4000	0.024	0.007	2.25E-04	6.50E-05	49.24
10	4500	0.026	0.007	2.50E-04	7.00E-05	55.4
11	5000	0.029	0.008	2.75E-04	7.50E-05	61.55
12	5500	0.031	0.008	2.97E-04	8.00E-05	67.71
13	6000	0.034	0.008	3.26E-04	8.00E-05	73.86
14	6500	0.037	0.009	3.51E-04	8.50E-05	80.02
15	7000	0.040	0.009	3.77E-04	9.00E-05	86.17
16	7500	0.042	0.009	3.99E-04	9.00E-05	92.33
17	8000	0.045	0.010	4.24E-04	1.00E-04	98.48
18	8500	0.047	0.010	4.46E-04	1.00E-04	104.64
19	9000	0.049	0.011	4.68E-04	1.05E-04	110.79
20	9500	0.051	0.011	4.90E-04	1.05E-04	116.95
21	10000	0.053	0.011	5.09E-04	1.10E-04	123.1
22	10500	0.056	0.012	5.32E-04	1.15E-04	129.26
23	11000	0.059	0.012	5.60E-04	1.20E-04	135.41
24	11500	0.061	0.013	5.79E-04	1.30E-04	141.57
25	12000	0.063	0.014	5.98E-04	1.35E-04	147.72
26	12500	0.065	0.014	6.17E-04	1.40E-04	153.88
27	13000	0.067	0.015	6.42E-04	1.50E-04	160.03

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	10.81
40% (f'c) (S2)	99.51
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.28E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	234855.72
Módulo Ec (Gpa)	23.03

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.28E-04
d=0.000050 (eh1)	1.38E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	1.00E-04
Poisson	0.228

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V3-B6	DIAMETRO (cm):	10.10
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.11846665
FECHA DE VACIADO:	03/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	240.04	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.38
RESISTENCIA AL 40%f'c	96.02	CARGA DE RORUTA (kg)	19231.64
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7692.66

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	3.15E-05	0.00E+00	6.19
3	1000	0.007	0.001	6.30E-05	1.33E-05	12.38
4	1500	0.009	0.002	8.40E-05	2.22E-05	18.57
5	2000	0.011	0.003	1.05E-04	3.11E-05	24.77
6	2500	0.015	0.004	1.47E-04	3.56E-05	30.96
7	3000	0.021	0.004	2.00E-04	4.44E-05	37.15
8	3500	0.025	0.005	2.42E-04	5.33E-05	43.34
9	4000	0.030	0.006	2.84E-04	5.78E-05	49.53
10	4500	0.032	0.006	3.05E-04	6.22E-05	55.72
11	5000	0.033	0.007	3.19E-04	6.67E-05	61.92
12	5500	0.036	0.008	3.47E-04	7.56E-05	68.11
13	6000	0.038	0.008	3.57E-04	7.56E-05	74.3
14	6500	0.040	0.008	3.78E-04	8.00E-05	80.49
15	7000	0.041	0.009	3.89E-04	8.89E-05	86.68
16	7500	0.043	0.009	4.10E-04	8.89E-05	92.87
17	8000	0.045	0.009	4.31E-04	9.33E-05	99.07
18	8500	0.047	0.009	4.52E-04	9.33E-05	105.26
19	9000	0.050	0.009	4.76E-04	9.33E-05	111.45
20	9500	0.053	0.010	5.01E-04	1.02E-04	117.64
21	10000	0.057	0.011	5.39E-04	1.07E-04	123.83
22	10500	0.059	0.011	5.64E-04	1.11E-04	130.02
23	11000	0.062	0.012	5.88E-04	1.16E-04	136.22
24	11500	0.065	0.012	6.16E-04	1.24E-04	142.41
25	12000	0.068	0.013	6.44E-04	1.29E-04	148.6
26	12500	0.071	0.013	6.72E-04	1.33E-04	154.79
27	13000	0.074	0.014	7.00E-04	1.38E-04	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	9.82
40% (f'c) (S2)	96.02
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.20E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	232754.42
Módulo Ec (Gpa)	22.83

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.20E-04
d=0.000050 (eh1)	7.82E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	9.11E-05
Poisson	0.225

Tabla 155

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V4-B1 al B6, 1.5% PAA, 42 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²						
MUESTRA:	V4-B1	DIAMETRO (cm):	10.17			
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	81.2328681			
FECHA DE VACIADO:	04/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm ²)	269.04	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.50			
RESISTENCIA AL	107.62	CARGA DE RORUTA (kg)	21854.89			
		CARGA AL 40% f'c (kg):	8741.956			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.000	1.61E-05	2.50E-06	6.16
3	1000	0.003	0.001	3.21E-05	5.00E-06	12.31
4	1500	0.008	0.001	7.49E-05	1.00E-05	18.47
5	2000	0.010	0.002	9.63E-05	2.00E-05	24.62
6	2500	0.011	0.002	1.02E-04	2.00E-05	30.78
7	3000	0.013	0.003	1.28E-04	3.00E-05	36.93
8	3500	0.017	0.004	1.61E-04	4.00E-05	43.09
9	4000	0.020	0.005	1.93E-04	4.50E-05	49.24
10	4500	0.022	0.005	2.14E-04	5.00E-05	55.4
11	5000	0.025	0.006	2.35E-04	5.50E-05	61.55
12	5500	0.028	0.007	2.68E-04	6.50E-05	67.71
13	6000	0.030	0.007	2.84E-04	6.50E-05	73.86
14	6500	0.033	0.007	3.16E-04	7.00E-05	80.02
15	7000	0.035	0.008	3.37E-04	7.50E-05	86.17
16	7500	0.039	0.009	3.75E-04	8.50E-05	92.33
17	8000	0.040	0.009	3.85E-04	8.50E-05	98.48
18	8500	0.043	0.009	4.12E-04	9.00E-05	104.64
19	9000	0.046	0.010	4.39E-04	9.50E-05	110.79
20	9500	0.049	0.010	4.65E-04	9.50E-05	116.95
21	10000	0.051	0.010	4.87E-04	1.00E-04	123.1
22	10500	0.054	0.011	5.14E-04	1.05E-04	129.26
23	11000	0.058	0.012	5.56E-04	1.15E-04	135.41
24	11500	0.060	0.012	5.72E-04	1.15E-04	141.57
25	12000	0.063	0.013	5.99E-04	1.25E-04	147.72
26	12500	0.066	0.013	6.26E-04	1.30E-04	153.88
27	13000	0.068	0.013	6.47E-04	1.30E-04	160.03

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f'c A d=0.000050 (S1)	14.89
40% (f'c) (S2)	107.62
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.25E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	247326.77
Módulo Ec (Gpa)	24.25

MÓDULO DE POISSON	
d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.25E-04
d=0.000050 (eh1)	7.09E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	9.24E-05
Poisson	0.228

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V4-B2	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.754325
FECHA DE VACIADO:	04/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	289.24	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.52
RESISTENCIA AL 40% f_c	115.70	CARGA DE RORUTA (kg)	23357.38
		CARGA AL 40% f_c (kg):	9342.95

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.001	0.000	1.39E-05	4.52E-06	6.19
3	1000	0.003	0.001	3.24E-05	9.05E-06	12.38
4	1500	0.005	0.002	5.09E-05	1.81E-05	18.57
5	2000	0.008	0.002	7.86E-05	2.26E-05	24.77
6	2500	0.011	0.003	1.02E-04	2.71E-05	30.96
7	3000	0.014	0.003	1.29E-04	3.17E-05	37.15
8	3500	0.017	0.005	1.57E-04	4.52E-05	43.34
9	4000	0.019	0.005	1.80E-04	4.98E-05	49.53
10	4500	0.021	0.005	2.03E-04	5.43E-05	55.72
11	5000	0.024	0.006	2.27E-04	6.33E-05	61.92
12	5500	0.026	0.007	2.50E-04	7.24E-05	68.11
13	6000	0.028	0.008	2.64E-04	7.69E-05	74.3
14	6500	0.031	0.008	2.91E-04	8.14E-05	80.49
15	7000	0.033	0.009	3.19E-04	8.60E-05	86.68
16	7500	0.035	0.009	3.33E-04	9.05E-05	92.87
17	8000	0.038	0.010	3.61E-04	9.50E-05	99.07
18	8500	0.040	0.010	3.79E-04	9.95E-05	105.26
19	9000	0.043	0.010	4.07E-04	1.04E-04	111.45
20	9500	0.046	0.011	4.39E-04	1.09E-04	117.64
21	10000	0.048	0.011	4.53E-04	1.13E-04	123.83
22	10500	0.051	0.012	4.85E-04	1.18E-04	130.02
23	11000	0.054	0.013	5.13E-04	1.27E-04	136.22
24	11500	0.056	0.013	5.36E-04	1.31E-04	142.41
25	12000	0.058	0.014	5.50E-04	1.36E-04	148.6
26	12500	0.062	0.014	5.87E-04	1.38E-04	154.79
27	13000	0.063	0.014	6.01E-04	1.40E-04	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	18.28
40% (f_c) (S2)	115.70
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.29E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	256996.56
Módulo E_c (Gpa)	25.2

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.29E-04
$d=0.000050$ (eh1)	1.77E-05
d A 40% de f_c último (eh2)	1.07E-04
Poisson	0.236

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V4-B3	DIAMETRO (cm):	10.09
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	79.95989476
FECHA DE VACIADO:	04/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	271.38	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.58
RESISTENCIA AL 40%f'c	108.55	CARGA DE RORUTA (kg)	21699.52
		CARGA AL 40% f'c (kg):	8679.81

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.001	1.45E-05	9.17E-06	6.25
3	1000	0.005	0.001	4.83E-05	1.38E-05	12.51
4	1500	0.009	0.002	8.22E-05	1.83E-05	18.76
5	2000	0.011	0.002	1.02E-04	2.29E-05	25.01
6	2500	0.013	0.003	1.21E-04	2.75E-05	31.27
7	3000	0.015	0.003	1.40E-04	3.21E-05	37.52
8	3500	0.018	0.005	1.69E-04	4.59E-05	43.77
9	4000	0.020	0.005	1.89E-04	5.05E-05	50.03
10	4500	0.022	0.006	2.13E-04	5.50E-05	56.28
11	5000	0.025	0.006	2.42E-04	5.96E-05	62.53
12	5500	0.028	0.007	2.71E-04	6.88E-05	68.78
13	6000	0.032	0.008	3.05E-04	7.80E-05	75.04
14	6500	0.035	0.008	3.29E-04	8.26E-05	81.29
15	7000	0.037	0.009	3.48E-04	8.72E-05	87.54
16	7500	0.038	0.009	3.63E-04	9.17E-05	93.8
17	8000	0.041	0.010	3.92E-04	9.63E-05	100.05
18	8500	0.045	0.010	4.25E-04	1.01E-04	106.3
19	9000	0.047	0.011	4.50E-04	1.06E-04	112.56
20	9500	0.050	0.011	4.74E-04	1.10E-04	118.81
21	10000	0.053	0.011	5.03E-04	1.15E-04	125.06
22	10500	0.056	0.012	5.32E-04	1.24E-04	131.32
23	11000	0.058	0.012	5.56E-04	1.24E-04	137.57
24	11500	0.060	0.013	5.75E-04	1.28E-04	143.82
25	12000	0.063	0.014	5.99E-04	1.38E-04	150.08
26	12500	0.066	0.014	6.28E-04	1.38E-04	156.33
27	13000	0.070	0.014	6.62E-04	1.42E-04	162.58

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	12.82
40% (f'c) (S2)	108.55
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.34E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	249231.99
Módulo Ec (Gpa)	24.44

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.34E-04
d=0.000050 (eh1)	1.40E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	1.03E-04
Poisson	0.231

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V4-B4	DIAMETRO (cm):	10.15
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.91368229
FECHA DE VACIADO:	04/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	286.56	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.52
RESISTENCIA AL	114.62	CARGA DE RORUTA (kg)	23186.62
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9274.648

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.59E-05	0.00E+00	6.18
3	1000	0.005	0.001	4.82E-05	6.90E-06	12.36
4	1500	0.007	0.001	7.04E-05	1.38E-05	18.54
5	2000	0.009	0.002	8.89E-05	2.07E-05	24.72
6	2500	0.012	0.003	1.11E-04	2.76E-05	30.9
7	3000	0.015	0.003	1.41E-04	2.76E-05	37.08
8	3500	0.017	0.003	1.63E-04	3.45E-05	43.26
9	4000	0.019	0.004	1.82E-04	4.14E-05	49.44
10	4500	0.022	0.005	2.11E-04	4.83E-05	55.61
11	5000	0.025	0.005	2.37E-04	4.83E-05	61.79
12	5500	0.028	0.006	2.63E-04	5.52E-05	67.97
13	6000	0.030	0.006	2.85E-04	6.21E-05	74.15
14	6500	0.033	0.007	3.11E-04	6.90E-05	80.33
15	7000	0.035	0.007	3.30E-04	6.90E-05	86.51
16	7500	0.037	0.008	3.56E-04	7.59E-05	92.69
17	8000	0.040	0.008	3.82E-04	8.28E-05	98.87
18	8500	0.042	0.009	4.04E-04	8.97E-05	105.05
19	9000	0.045	0.010	4.30E-04	9.66E-05	111.23
20	9500	0.049	0.010	4.63E-04	1.03E-04	117.41
21	10000	0.051	0.011	4.89E-04	1.10E-04	123.59
22	10500	0.055	0.012	5.23E-04	1.17E-04	129.77
23	11000	0.056	0.012	5.37E-04	1.24E-04	135.95
24	11500	0.059	0.013	5.60E-04	1.31E-04	142.13
25	12000	0.060	0.014	5.74E-04	1.38E-04	148.31
26	12500	0.063	0.014	5.97E-04	1.45E-04	154.49
27	13000	0.064	0.016	6.08E-04	1.59E-04	160.67

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	12.87
40% (f'c) (S2)	114.62
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.48E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	255551.39
Módulo Ec (Gpa)	25.06

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.48E-04
d=0.000050 (eh1)	7.46E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	1.00E-04
Poisson	0.233

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V4-B5	DIAMETRO (cm):	10.12
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.43608167
FECHA DE VACIADO:	04/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	288.42	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.56
RESISTENCIA AL 40%f'c	115.37	CARGA DE RORUTA (kg)	23199.37
		CARGA AL 40% f'c (kg):	9279.75

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.43E-05	3.62E-06	6.19
3	1000	0.005	0.001	4.86E-05	7.25E-06	12.38
4	1500	0.007	0.001	6.89E-05	1.09E-05	18.57
5	2000	0.010	0.001	9.32E-05	1.45E-05	24.77
6	2500	0.013	0.003	1.22E-04	2.90E-05	30.96
7	3000	0.016	0.003	1.54E-04	2.90E-05	37.15
8	3500	0.019	0.004	1.82E-04	3.62E-05	43.34
9	4000	0.022	0.004	2.07E-04	4.35E-05	49.53
10	4500	0.023	0.004	2.23E-04	4.35E-05	55.72
11	5000	0.026	0.005	2.47E-04	5.07E-05	61.92
12	5500	0.029	0.006	2.72E-04	5.80E-05	68.11
13	6000	0.031	0.007	3.00E-04	6.52E-05	74.3
14	6500	0.034	0.007	3.28E-04	7.25E-05	80.49
15	7000	0.037	0.007	3.53E-04	7.25E-05	86.68
16	7500	0.039	0.008	3.73E-04	7.97E-05	92.87
17	8000	0.042	0.009	3.97E-04	8.70E-05	99.07
18	8500	0.045	0.009	4.26E-04	9.42E-05	105.26
19	9000	0.047	0.010	4.46E-04	1.01E-04	111.45
20	9500	0.048	0.010	4.54E-04	1.01E-04	117.64
21	10000	0.050	0.011	4.74E-04	1.09E-04	123.83
22	10500	0.051	0.012	4.82E-04	1.16E-04	130.02
23	11000	0.052	0.012	4.94E-04	1.23E-04	136.22
24	11500	0.053	0.014	5.07E-04	1.38E-04	142.41
25	12000	0.054	0.014	5.11E-04	1.45E-04	148.6
26	12500	0.055	0.015	5.27E-04	1.52E-04	154.79
27	13000	0.056	0.015	5.35E-04	1.52E-04	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	12.80
40% (f'c) (S2)	115.37
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.51E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	255833.38
Módulo Ec (Gpa)	25.09

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.51E-04
d=0.000050 (eh1)	7.49E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	1.01E-04
Poisson	0.234

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V4-B6	DIAMETRO (cm):	10.10
%PAA	1.5	ÁREA (cm ²):	80.11846665
FECHA DE VACIADO:	04/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	268.73	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.34
RESISTENCIA AL 40%f _c	107.49	CARGA DE RORUTA (kg)	21530.24
		CARGA AL 40% f _c (kg):	8612.10

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.95E-05	3.33E-06	6.25
3	1000	0.005	0.001	5.17E-05	6.67E-06	12.51
4	1500	0.007	0.001	7.01E-05	1.33E-05	18.76
5	2000	0.010	0.002	9.97E-05	1.67E-05	25.01
6	2500	0.012	0.002	1.18E-04	2.00E-05	31.27
7	3000	0.015	0.003	1.44E-04	2.67E-05	37.52
8	3500	0.017	0.003	1.66E-04	3.33E-05	43.77
9	4000	0.020	0.004	1.88E-04	4.00E-05	50.03
10	4500	0.024	0.005	2.33E-04	4.67E-05	56.28
11	5000	0.027	0.005	2.55E-04	5.00E-05	62.53
12	5500	0.030	0.005	2.88E-04	5.33E-05	68.78
13	6000	0.033	0.006	3.14E-04	6.00E-05	75.04
14	6500	0.035	0.007	3.32E-04	6.67E-05	81.29
15	7000	0.038	0.007	3.58E-04	7.33E-05	87.54
16	7500	0.040	0.008	3.84E-04	8.00E-05	93.8
17	8000	0.042	0.009	4.02E-04	8.67E-05	100.05
18	8500	0.045	0.009	4.32E-04	9.33E-05	106.3
19	9000	0.047	0.010	4.47E-04	1.00E-04	112.56
20	9500	0.048	0.010	4.61E-04	1.03E-04	118.81
21	10000	0.050	0.011	4.72E-04	1.07E-04	125.06
22	10500	0.051	0.011	4.87E-04	1.13E-04	131.32
23	11000	0.052	0.012	4.91E-04	1.20E-04	137.57
24	11500	0.053	0.013	5.06E-04	1.27E-04	143.82
25	12000	0.054	0.013	5.13E-04	1.33E-04	150.08
26	12500	0.055	0.014	5.20E-04	1.37E-04	156.33
27	13000	0.056	0.140	5.32E-04	1.40E-03	162.58

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f _c A d=0.000050 (S1)	12.04
40% (f _c) (S2)	107.49
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	4.35E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	248129.47
Módulo E_c (Gpa)	24.33

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	4.35E-04
d=0.000050 (eh1)	6.41E-06
d A 40% de f _c último (eh2)	9.46E-05
Poisson	0.229

ANEXO C3: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP + 2.5% PAA)

Tabla 156

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V5-B1 al B6, 2.5% PAA, 28 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA F _c = 210 kg/cm ²						
MUESTRA:	V5-B1	DIAMETRO (cm):	10.16			
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	81.07319666			
FECHA DE VACIADO:	08/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm ²)	214.55	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.47			
RESISTENCIA AL 40%F _c (kg/cm ²):	85.82	CARGA DE RORUTA (kg)	17394.25			
		CARGA AL 40% F _c (kg):	6957.7			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.72E-05	4.88E-06	6.17
3	1000	0.005	0.001	4.66E-05	9.76E-06	12.33
4	1500	0.009	0.002	8.16E-05	1.95E-05	18.5
5	2000	0.011	0.002	1.09E-04	1.95E-05	24.67
6	2500	0.014	0.002	1.32E-04	2.44E-05	30.84
7	3000	0.017	0.003	1.63E-04	3.41E-05	37
8	3500	0.020	0.004	1.90E-04	3.90E-05	43.17
9	4000	0.023	0.004	2.22E-04	3.90E-05	49.34
10	4500	0.027	0.005	2.53E-04	4.88E-05	55.51
11	5000	0.029	0.005	2.80E-04	5.37E-05	61.67
12	5500	0.032	0.006	3.03E-04	5.85E-05	67.84
13	6000	0.035	0.007	3.30E-04	6.83E-05	74.01
14	6500	0.038	0.007	3.58E-04	7.32E-05	80.17
15	7000	0.040	0.008	3.77E-04	7.80E-05	86.34
16	7500	0.042	0.008	4.04E-04	8.29E-05	92.51
17	8000	0.044	0.009	4.24E-04	9.27E-05	98.68
18	8500	0.047	0.010	4.47E-04	1.02E-04	104.84
19	9000	0.049	0.011	4.63E-04	1.12E-04	111.01
20	9500	0.050	0.012	4.74E-04	1.17E-04	117.18
21	10000	0.052	0.012	4.98E-04	1.22E-04	123.35
22	10500	0.055	0.013	5.25E-04	1.27E-04	129.51
23	11000	0.058	0.013	5.56E-04	1.32E-04	135.68
24	11500	0.062	0.014	5.87E-04	1.37E-04	141.85
25	12000	0.064	0.014	6.14E-04	1.41E-04	148.01
26	12500	0.067	0.015	6.38E-04	1.51E-04	154.18
27	13000	0.070	0.016	6.65E-04	1.56E-04	160.35

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
F _c A d=0.000050 (S1)	12.92
40% (F _c) (S2)	85.82
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de F _c último (ev2)	3.75E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	224009.38
Módulo E_c (Gpa)	21.97

MÓDULO DE POISSON	
d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de F _c último (ev2)	3.75E-04
d=0.000050 (eh1)	1.07E-05
d A 40% de F _c último (eh2)	7.76E-05
Poisson	0.206

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V5-B2	DIAMETRO (cm):	10.10
%PAA	2.5	ÁREA (cm²):	80.11846665
FECHA DE VACIADO:	08/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm²)	213.72	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.54
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm²):	85.49	CARGA DE RORUTA (kg)	17122.92
		CARGA AL 40% f'c (kg):	6849.17

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.99E-05	4.65E-06	6.24
3	1000	0.010	0.001	9.07E-05	9.30E-06	12.48
4	1500	0.013	0.002	1.22E-04	1.86E-05	18.72
5	2000	0.017	0.002	1.63E-04	2.33E-05	24.96
6	2500	0.020	0.003	1.90E-04	2.79E-05	31.2
7	3000	0.024	0.003	2.27E-04	3.26E-05	37.44
8	3500	0.027	0.004	2.59E-04	3.72E-05	43.69
9	4000	0.030	0.004	2.86E-04	4.19E-05	49.93
10	4500	0.033	0.005	3.13E-04	4.65E-05	56.17
11	5000	0.035	0.006	3.36E-04	5.58E-05	62.41
12	5500	0.038	0.006	3.58E-04	6.05E-05	68.65
13	6000	0.040	0.007	3.76E-04	6.51E-05	74.89
14	6500	0.042	0.007	3.99E-04	7.44E-05	81.13
15	7000	0.043	0.008	4.13E-04	7.91E-05	87.37
16	7500	0.045	0.008	4.31E-04	8.37E-05	93.61
17	8000	0.048	0.009	4.54E-04	9.30E-05	99.85
18	8500	0.049	0.010	4.67E-04	1.02E-04	106.09
19	9000	0.050	0.011	4.81E-04	1.07E-04	112.33
20	9500	0.052	0.012	4.94E-04	1.16E-04	118.57
21	10000	0.055	0.012	5.22E-04	1.21E-04	124.82
22	10500	0.058	0.013	5.49E-04	1.26E-04	131.06
23	11000	0.061	0.013	5.85E-04	1.30E-04	137.3
24	11500	0.065	0.013	6.21E-04	1.35E-04	143.54
25	12000	0.069	0.014	6.58E-04	1.44E-04	149.78
26	12500	0.072	0.015	6.89E-04	1.49E-04	156.02
27	13000	0.076	0.015	7.21E-04	1.53E-04	162.26

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	6.26
40% (f'c) (S2)	85.49
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.09E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	220947.51
Módulo Ec (Gpa)	21.67

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.09E-04
d=0.000050 (eh1)	4.66E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	7.77E-05
Poisson	0.204

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V5-B3	DIAMETRO (cm):	10.13
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	80.59512479
FECHA DE VACIADO:	08/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	202.10	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.50
RESISTENCIA AL 40% f_c (kg/cm ²):	80.84	CARGA DE RORUTA (kg)	16288.27
		CARGA AL 40% f_c (kg):	6515.31

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	4.18E-05	4.08E-06	6.2
3	1000	0.008	0.001	7.90E-05	8.16E-06	12.41
4	1500	0.012	0.002	1.11E-04	1.63E-05	18.61
5	2000	0.014	0.002	1.35E-04	1.63E-05	24.82
6	2500	0.020	0.002	1.86E-04	2.45E-05	31.02
7	3000	0.023	0.003	2.18E-04	2.86E-05	37.22
8	3500	0.026	0.004	2.46E-04	3.67E-05	43.43
9	4000	0.029	0.004	2.74E-04	4.08E-05	49.63
10	4500	0.034	0.005	3.21E-04	4.90E-05	55.83
11	5000	0.036	0.006	3.39E-04	5.71E-05	62.04
12	5500	0.038	0.006	3.62E-04	6.12E-05	68.24
13	6000	0.040	0.007	3.81E-04	6.94E-05	74.45
14	6500	0.041	0.007	3.95E-04	7.35E-05	80.65
15	7000	0.043	0.008	4.13E-04	8.16E-05	86.85
16	7500	0.045	0.009	4.27E-04	8.98E-05	93.06
17	8000	0.047	0.010	4.51E-04	9.80E-05	99.26
18	8500	0.050	0.011	4.79E-04	1.06E-04	105.47
19	9000	0.053	0.011	5.06E-04	1.14E-04	111.67
20	9500	0.057	0.012	5.39E-04	1.18E-04	117.87
21	10000	0.060	0.013	5.71E-04	1.27E-04	124.08
22	10500	0.063	0.013	5.99E-04	1.31E-04	130.28
23	11000	0.066	0.014	6.32E-04	1.39E-04	136.48
24	11500	0.070	0.014	6.64E-04	1.43E-04	142.69
25	12000	0.074	0.015	7.02E-04	1.47E-04	148.89
26	12500	0.078	0.016	7.39E-04	1.55E-04	155.1
27	13000	0.081	0.016	7.76E-04	1.63E-04	161.3

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	7.57
40% (f_c) (S2)	80.84
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	3.95E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	212099.93
Módulo E_c (Gpa)	20.8

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	3.95E-04
$d=0.000050$ (eh1)	4.98E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	7.37E-05
Poisson	0.199

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V5-B4	DIAMETRO (cm):	10.08
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	79.80147995
FECHA DE VACIADO:	08/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	216.75	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.36
RESISTENCIA AL	86.70	CARGA DE RORUTA (kg)	17296.97
		CARGA AL 40% f'c (kg):	6918.788

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	2.73E-05	4.90E-06	6.27
3	1000	0.005	0.001	4.68E-05	9.80E-06	12.53
4	1500	0.009	0.002	8.20E-05	1.96E-05	18.8
5	2000	0.011	0.002	1.09E-04	1.96E-05	25.06
6	2500	0.014	0.002	1.33E-04	2.45E-05	31.33
7	3000	0.017	0.003	1.64E-04	3.43E-05	37.59
8	3500	0.020	0.004	1.91E-04	3.92E-05	43.86
9	4000	0.023	0.004	2.22E-04	3.92E-05	50.12
10	4500	0.027	0.005	2.54E-04	4.90E-05	56.39
11	5000	0.030	0.005	2.81E-04	5.39E-05	62.66
12	5500	0.032	0.006	3.04E-04	5.88E-05	68.92
13	6000	0.035	0.007	3.32E-04	6.86E-05	75.19
14	6500	0.038	0.007	3.59E-04	7.35E-05	81.45
15	7000	0.040	0.008	3.79E-04	7.84E-05	87.72
16	7500	0.043	0.008	4.06E-04	8.33E-05	93.98
17	8000	0.045	0.009	4.25E-04	9.31E-05	100.25
18	8500	0.047	0.010	4.49E-04	1.03E-04	106.51
19	9000	0.049	0.011	4.64E-04	1.13E-04	112.78
20	9500	0.050	0.012	4.76E-04	1.18E-04	119.05
21	10000	0.052	0.012	5.00E-04	1.23E-04	125.31
22	10500	0.055	0.013	5.27E-04	1.27E-04	131.58
23	11000	0.059	0.013	5.58E-04	1.32E-04	137.84
24	11500	0.062	0.014	5.89E-04	1.37E-04	144.11
25	12000	0.065	0.014	6.17E-04	1.42E-04	150.37
26	12500	0.067	0.015	6.40E-04	1.52E-04	156.64
27	13000	0.070	0.016	6.67E-04	1.57E-04	162.9

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	13.09
40% (f'c) (S2)	86.70
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	3.75E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	226175.93
Módulo Ec (Gpa)	22.18

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	3.75E-04
d=0.000050 (eh1)	1.07E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	7.76E-05
Poisson	0.206

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V5-B5	DIAMETRO (cm):	10.13
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	80.59512479
FECHA DE VACIADO:	08/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	210.93	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.54
RESISTENCIA AL 40%f _c	84.37	CARGA DE RORUTA (kg)	16999.93
		CARGA AL 40% f _c (kg):	6799.97

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.99E-05	4.63E-06	6.24
3	1000	0.010	0.001	9.07E-05	9.26E-06	12.48
4	1500	0.013	0.002	1.22E-04	1.85E-05	18.72
5	2000	0.017	0.002	1.63E-04	2.31E-05	24.96
6	2500	0.020	0.003	1.90E-04	2.78E-05	31.2
7	3000	0.024	0.003	2.27E-04	3.24E-05	37.44
8	3500	0.027	0.004	2.59E-04	3.70E-05	43.69
9	4000	0.030	0.004	2.86E-04	4.17E-05	49.93
10	4500	0.033	0.005	3.13E-04	4.63E-05	56.17
11	5000	0.035	0.006	3.36E-04	5.56E-05	62.41
12	5500	0.038	0.006	3.58E-04	6.02E-05	68.65
13	6000	0.040	0.006	3.76E-04	6.48E-05	74.89
14	6500	0.042	0.007	3.99E-04	7.41E-05	81.13
15	7000	0.043	0.008	4.13E-04	7.87E-05	87.37
16	7500	0.045	0.008	4.31E-04	8.33E-05	93.61
17	8000	0.048	0.009	4.54E-04	9.26E-05	99.85
18	8500	0.049	0.010	4.67E-04	1.02E-04	106.09
19	9000	0.050	0.011	4.81E-04	1.06E-04	112.33
20	9500	0.052	0.012	4.94E-04	1.16E-04	118.57
21	10000	0.055	0.012	5.22E-04	1.20E-04	124.82
22	10500	0.058	0.013	5.49E-04	1.25E-04	131.06
23	11000	0.061	0.013	5.85E-04	1.30E-04	137.3
24	11500	0.065	0.013	6.21E-04	1.34E-04	143.54
25	12000	0.069	0.014	6.58E-04	1.44E-04	149.78
26	12500	0.072	0.015	6.89E-04	1.48E-04	156.02
27	13000	0.076	0.015	7.21E-04	1.53E-04	162.26

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f _c A d=0.000050 (S1)	6.26
40% (f _c) (S2)	84.37
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	4.06E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	219323.60
Módulo E_c (Gpa)	21.51

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	4.06E-04
d=0.000050 (eh1)	4.64E-06
d A 40% de f _c último (eh2)	7.65E-05
Poisson	0.202

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V5-B6	DIAMETRO (cm):	10.15
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	80.91368229
FECHA DE VACIADO:	08/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	211.04	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.50
RESISTENCIA AL 40%f _c	84.42	CARGA DE RORUTA (kg)	17076.02
		CARGA AL 40% f _c (kg):	6830.41

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	4.14E-05	4.00E-06	6.2
3	1000	0.008	0.001	7.82E-05	8.00E-06	12.41
4	1500	0.012	0.002	1.10E-04	1.60E-05	18.61
5	2000	0.014	0.002	1.33E-04	1.60E-05	24.82
6	2500	0.019	0.002	1.84E-04	2.40E-05	31.02
7	3000	0.023	0.003	2.16E-04	2.80E-05	37.22
8	3500	0.026	0.004	2.44E-04	3.60E-05	43.43
9	4000	0.029	0.004	2.71E-04	4.00E-05	49.63
10	4500	0.033	0.005	3.17E-04	4.80E-05	55.83
11	5000	0.035	0.006	3.36E-04	5.60E-05	62.04
12	5500	0.038	0.006	3.59E-04	6.00E-05	68.24
13	6000	0.040	0.007	3.77E-04	6.80E-05	74.45
14	6500	0.041	0.007	3.91E-04	7.20E-05	80.65
15	7000	0.043	0.008	4.09E-04	8.00E-05	86.85
16	7500	0.044	0.009	4.23E-04	8.80E-05	93.06
17	8000	0.047	0.010	4.46E-04	9.60E-05	99.26
18	8500	0.050	0.010	4.74E-04	1.04E-04	105.47
19	9000	0.053	0.011	5.01E-04	1.12E-04	111.67
20	9500	0.056	0.012	5.34E-04	1.16E-04	117.87
21	10000	0.059	0.012	5.66E-04	1.24E-04	124.08
22	10500	0.062	0.013	5.94E-04	1.28E-04	130.28
23	11000	0.066	0.014	6.26E-04	1.36E-04	136.48
24	11500	0.069	0.014	6.58E-04	1.40E-04	142.69
25	12000	0.073	0.014	6.95E-04	1.44E-04	148.89
26	12500	0.077	0.015	7.32E-04	1.52E-04	155.1
27	13000	0.081	0.016	7.68E-04	1.60E-04	161.3

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f _c A d=0.000050 (S1)	7.65
40% (f _c) (S2)	84.42
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	4.02E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	217929.63
Módulo E_c (Gpa)	21.37

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	4.02E-04
d=0.000050 (eh1)	4.93E-06
d A 40% de f _c último (eh2)	7.69E-05
Poisson	0.204

Tabla 157

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V6-B1 al B6, 2.5% PAA, 42 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
MUESTRA:	V6-B1	DIAMETRO (cm):	10.18			
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	81.39269663			
FECHA DE VACIADO:	09/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm ²)	253.32	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.48			
RESISTENCIA AL 40% f_c (kg/cm ²):	101.33	CARGA DE RORUTA (kg)	20618.4			
		CARGA AL 40% f_c (kg):	8247.36			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	3.75E-05	3.97E-06	6.14
3	1000	0.006	0.001	5.35E-05	7.94E-06	12.29
4	1500	0.009	0.001	8.56E-05	1.19E-05	18.43
5	2000	0.012	0.002	1.18E-04	1.59E-05	24.57
6	2500	0.015	0.002	1.39E-04	2.38E-05	30.72
7	3000	0.017	0.003	1.61E-04	3.17E-05	36.86
8	3500	0.020	0.004	1.87E-04	3.57E-05	43
9	4000	0.022	0.004	2.09E-04	3.97E-05	49.14
10	4500	0.025	0.004	2.35E-04	4.37E-05	55.29
11	5000	0.027	0.005	2.57E-04	4.76E-05	61.43
12	5500	0.030	0.006	2.89E-04	5.56E-05	67.57
13	6000	0.032	0.006	3.05E-04	6.35E-05	73.72
14	6500	0.035	0.007	3.37E-04	7.14E-05	79.86
15	7000	0.037	0.008	3.53E-04	7.54E-05	86
16	7500	0.040	0.008	3.80E-04	7.94E-05	92.15
17	8000	0.043	0.009	4.07E-04	8.73E-05	98.29
18	8500	0.046	0.009	4.33E-04	9.13E-05	104.43
19	9000	0.048	0.010	4.55E-04	9.52E-05	110.58
20	9500	0.052	0.010	4.92E-04	1.03E-04	116.72
21	10000	0.053	0.011	5.08E-04	1.07E-04	122.86
22	10500	0.055	0.011	5.24E-04	1.11E-04	129
23	11000	0.060	0.012	5.67E-04	1.19E-04	135.15
24	11500	0.063	0.013	5.99E-04	1.27E-04	141.29
25	12000	0.066	0.013	6.26E-04	1.31E-04	147.43
26	12500	0.068	0.013	6.47E-04	1.35E-04	153.58
27	13000	0.071	0.014	6.74E-04	1.43E-04	159.72

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f_c A $d=0.000050$ (S1)	10.95
40% (f_c) (S2)	101.33
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.20E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	244357.31
Módulo E_c (Gpa)	23.96

MÓDULO DE POISSON	
$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.20E-04
$d=0.000050$ (eh1)	7.07E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	8.93E-05
Poisson	0.222

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V6-B2	DIAMETRO (cm):	10.21
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	81.87312469
FECHA DE VACIADO:	09/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	243.44	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.58
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm ²):	97.38	CARGA DE RORUTA (kg)	19931.19
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7972.48

Lect.	Carga	Deformación Vertical	Deformación Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.000	3.36E-05	4.50E-06	6.11
3	1000	0.007	0.001	6.72E-05	6.76E-06	12.21
4	1500	0.011	0.001	1.06E-04	9.01E-06	18.32
5	2000	0.014	0.002	1.29E-04	1.80E-05	24.43
6	2500	0.017	0.003	1.62E-04	2.70E-05	30.54
7	3000	0.020	0.003	1.90E-04	3.15E-05	36.64
8	3500	0.022	0.004	2.07E-04	3.60E-05	42.75
9	4000	0.025	0.004	2.41E-04	3.60E-05	48.86
10	4500	0.028	0.004	2.63E-04	3.60E-05	54.96
11	5000	0.031	0.004	2.91E-04	3.60E-05	61.07
12	5500	0.033	0.004	3.14E-04	3.60E-05	67.18
13	6000	0.035	0.006	3.36E-04	6.31E-05	73.28
14	6500	0.037	0.007	3.53E-04	7.21E-05	79.39
15	7000	0.040	0.008	3.81E-04	8.11E-05	85.5
16	7500	0.043	0.009	4.09E-04	8.56E-05	91.61
17	8000	0.045	0.009	4.31E-04	9.01E-05	97.71
18	8500	0.048	0.010	4.54E-04	9.91E-05	103.82
19	9000	0.050	0.011	4.76E-04	1.08E-04	109.93
20	9500	0.054	0.012	5.10E-04	1.17E-04	116.03
21	10000	0.056	0.012	5.32E-04	1.22E-04	122.14
22	10500	0.059	0.013	5.66E-04	1.26E-04	128.25
23	11000	0.062	0.014	5.88E-04	1.35E-04	134.35
24	11500	0.064	0.014	6.11E-04	1.44E-04	140.46
25	12000	0.067	0.015	6.39E-04	1.49E-04	146.57
26	12500	0.070	0.015	6.67E-04	1.53E-04	152.68
27	13000	0.073	0.016	6.95E-04	1.62E-04	158.78

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	9.08
40% (f'c) (S2)	97.38
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.30E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	232259.05
Módulo Ec (Gpa)	22.78

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.30E-04
d=0.000050 (eh1)	5.60E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	8.98E-05
Poisson	0.222

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V6-B3	DIAMETRO (cm):	10.04
%PAA	2.5	ÁREA (cm²):	79.16939151
FECHA DE VACIADO:	09/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm²)	260.63	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.24
RESISTENCIA AL 40% f'c (kg/cm²):	104.25	CARGA DE RORUTA (kg)	20633.92
		CARGA AL 40% f'c (kg):	8253.57

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.003	0.000	3.17E-05	0.00E+00	6.32
3	1000	0.007	0.001	6.35E-05	7.58E-06	12.63
4	1500	0.011	0.002	1.06E-04	1.52E-05	18.95
5	2000	0.014	0.002	1.32E-04	2.27E-05	25.26
6	2500	0.017	0.003	1.64E-04	3.03E-05	31.58
7	3000	0.019	0.003	1.80E-04	3.03E-05	37.89
8	3500	0.022	0.004	2.06E-04	3.79E-05	44.21
9	4000	0.025	0.004	2.38E-04	3.79E-05	50.52
10	4500	0.028	0.005	2.65E-04	4.55E-05	56.84
11	5000	0.030	0.005	2.86E-04	5.30E-05	63.16
12	5500	0.033	0.006	3.12E-04	6.06E-05	69.47
13	6000	0.034	0.006	3.28E-04	6.44E-05	75.79
14	6500	0.037	0.007	3.54E-04	6.82E-05	82.1
15	7000	0.039	0.007	3.76E-04	6.82E-05	88.42
16	7500	0.042	0.008	3.97E-04	7.58E-05	94.73
17	8000	0.044	0.008	4.18E-04	8.33E-05	101.05
18	8500	0.046	0.009	4.39E-04	9.09E-05	107.36
19	9000	0.049	0.009	4.66E-04	9.09E-05	113.68
20	9500	0.052	0.010	4.92E-04	9.85E-05	120
21	10000	0.054	0.011	5.19E-04	1.06E-04	126.31
22	10500	0.057	0.011	5.45E-04	1.14E-04	132.63
23	11000	0.059	0.012	5.66E-04	1.21E-04	138.94
24	11500	0.062	0.013	5.93E-04	1.29E-04	145.26
25	12000	0.065	0.014	6.19E-04	1.36E-04	151.57
26	12500	0.067	0.014	6.35E-04	1.40E-04	157.89
27	13000	0.070	0.014	6.67E-04	1.44E-04	164.2

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	9.95
40% (f'c) (S2)	104.25
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.29E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	249000.56
Módulo Ec (Gpa)	24.42

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.29E-04
d=0.000050 (eh1)	4.36E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	8.72E-05
Poisson	0.219

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V6-B4	DIAMETRO (cm):	10.20
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	81.71282492
FECHA DE VACIADO:	09/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	239.89	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.49
RESISTENCIA AL	95.96	CARGA DE RORUTA (kg)	19602.09
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7840.836

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.001	1.51E-05	6.33E-06	6.12
3	1000	0.004	0.001	3.78E-05	1.27E-05	12.24
4	1500	0.007	0.002	6.80E-05	1.90E-05	18.36
5	2000	0.010	0.002	9.07E-05	2.22E-05	24.48
6	2500	0.012	0.003	1.17E-04	2.53E-05	30.59
7	3000	0.015	0.003	1.40E-04	3.16E-05	36.71
8	3500	0.018	0.004	1.70E-04	3.80E-05	42.83
9	4000	0.021	0.004	2.00E-04	4.43E-05	48.95
10	4500	0.024	0.005	2.27E-04	5.06E-05	55.07
11	5000	0.026	0.006	2.49E-04	5.70E-05	61.19
12	5500	0.029	0.006	2.76E-04	6.33E-05	67.31
13	6000	0.031	0.007	2.99E-04	6.96E-05	73.43
14	6500	0.034	0.008	3.25E-04	7.59E-05	79.55
15	7000	0.037	0.008	3.55E-04	8.23E-05	85.67
16	7500	0.041	0.009	3.89E-04	8.86E-05	91.78
17	8000	0.043	0.009	4.12E-04	9.49E-05	97.9
18	8500	0.048	0.010	4.57E-04	1.01E-04	104.02
19	9000	0.051	0.011	4.84E-04	1.08E-04	110.14
20	9500	0.054	0.011	5.14E-04	1.14E-04	116.26
21	10000	0.057	0.012	5.40E-04	1.20E-04	122.38
22	10500	0.061	0.013	5.82E-04	1.33E-04	128.5
23	11000	0.063	0.014	6.01E-04	1.39E-04	134.62
24	11500	0.065	0.015	6.24E-04	1.46E-04	140.74
25	12000	0.068	0.015	6.50E-04	1.52E-04	146.86
26	12500	0.073	0.016	6.92E-04	1.65E-04	152.97
27	13000	0.074	0.017	7.03E-04	1.71E-04	159.09

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	14.71
40% (f'c) (S2)	95.96
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.05E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	229027.24
Módulo Ec (Gpa)	22.46

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.05E-04
d=0.000050 (eh1)	1.52E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	9.29E-05
Poisson	0.219

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V6-B5	DIAMETRO (cm):	10.18
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	81.39269663
FECHA DE VACIADO:	09/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	253.56	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.55
RESISTENCIA AL 40% f_c	101.42	CARGA DE RORUTA (kg)	20637.93
		CARGA AL 40% f_c (kg):	8255.17

Lect.	Carga	Deformación Vertical	Deformación Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.001	4.31E-05	6.33E-06	6.11
3	1000	0.007	0.001	6.47E-05	9.49E-06	12.21
4	1500	0.009	0.001	8.63E-05	1.27E-05	18.32
5	2000	0.012	0.002	1.11E-04	1.90E-05	24.43
6	2500	0.015	0.003	1.42E-04	2.53E-05	30.54
7	3000	0.017	0.003	1.63E-04	3.16E-05	36.64
8	3500	0.019	0.004	1.85E-04	3.80E-05	42.75
9	4000	0.022	0.004	2.07E-04	4.43E-05	48.86
10	4500	0.024	0.004	2.28E-04	4.43E-05	54.96
11	5000	0.027	0.005	2.53E-04	5.06E-05	61.07
12	5500	0.029	0.006	2.80E-04	5.70E-05	67.18
13	6000	0.032	0.006	3.02E-04	6.33E-05	73.28
14	6500	0.035	0.007	3.36E-04	6.96E-05	79.39
15	7000	0.038	0.008	3.64E-04	7.59E-05	85.5
16	7500	0.040	0.008	3.85E-04	8.23E-05	91.61
17	8000	0.043	0.009	4.07E-04	8.86E-05	97.71
18	8500	0.047	0.009	4.47E-04	9.49E-05	103.82
19	9000	0.049	0.011	4.68E-04	1.08E-04	109.93
20	9500	0.052	0.010	4.93E-04	1.08E-04	116.03
21	10000	0.054	0.012	5.15E-04	1.20E-04	122.14
22	10500	0.056	0.013	5.36E-04	1.27E-04	128.25
23	11000	0.058	0.013	5.55E-04	1.33E-04	134.35
24	11500	0.061	0.014	5.76E-04	1.39E-04	140.46
25	12000	0.062	0.015	5.95E-04	1.46E-04	146.57
26	12500	0.064	0.015	6.13E-04	1.46E-04	152.68
27	13000	0.066	0.016	6.32E-04	1.58E-04	158.78

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	8.05
40% (f_c) (S2)	101.42
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.31E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	244957.47
Módulo E_c (Gpa)	24.02

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.31E-04
$d=0.000050$ (eh1)	7.33E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	9.25E-05
Poisson	0.223

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V6-B6	DIAMETRO (cm):	10.04
%PAA	2.5	ÁREA (cm ²):	79.16939151
FECHA DE VACIADO:	09/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	245.77	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.34
RESISTENCIA AL 40%f'c	98.31	CARGA DE RORUTA (kg)	19457.46
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7782.98

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.004	0.001	3.64E-05	6.45E-06	6.32
3	1000	0.008	0.001	7.28E-05	1.29E-05	12.63
4	1500	0.011	0.002	1.06E-04	1.94E-05	18.95
5	2000	0.015	0.003	1.42E-04	2.58E-05	25.26
6	2500	0.017	0.003	1.59E-04	3.23E-05	31.58
7	3000	0.019	0.004	1.82E-04	3.87E-05	37.89
8	3500	0.022	0.005	2.08E-04	4.52E-05	44.21
9	4000	0.024	0.005	2.28E-04	5.16E-05	50.52
10	4500	0.028	0.006	2.65E-04	5.81E-05	56.84
11	5000	0.028	0.006	2.71E-04	5.81E-05	63.16
12	5500	0.032	0.006	3.01E-04	6.45E-05	69.47
13	6000	0.034	0.007	3.24E-04	7.10E-05	75.79
14	6500	0.037	0.008	3.54E-04	7.74E-05	82.1
15	7000	0.040	0.008	3.84E-04	8.39E-05	88.42
16	7500	0.043	0.009	4.13E-04	9.03E-05	94.73
17	8000	0.046	0.010	4.37E-04	9.68E-05	101.05
18	8500	0.049	0.010	4.66E-04	9.68E-05	107.36
19	9000	0.051	0.011	4.89E-04	1.10E-04	113.68
20	9500	0.053	0.012	5.09E-04	1.16E-04	120
21	10000	0.057	0.012	5.39E-04	1.16E-04	126.31
22	10500	0.059	0.013	5.65E-04	1.29E-04	132.63
23	11000	0.061	0.014	5.85E-04	1.35E-04	138.94
24	11500	0.064	0.014	6.08E-04	1.42E-04	145.26
25	12000	0.066	0.015	6.32E-04	1.48E-04	151.57
26	12500	0.068	0.016	6.51E-04	1.61E-04	157.89
27	13000	0.070	0.016	6.71E-04	1.61E-04	164.2

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	8.68
40% (f'c) (S2)	98.31
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.26E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	238069.01
Módulo Ec (Gpa)	23.35

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.26E-04
d=0.000050 (eh1)	8.87E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	9.40E-05
Poisson	0.226

ANEXO C4: MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON (DMCP + 3.5% PAA)

Tabla 158

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V7-B1 al B6, 3.5% PAA, 28 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
MUESTRA:	V7-B1	DIAMETRO (cm):	10.17			
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	81.2328681			
FECHA DE VACIADO:	10/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm ²)	200.25	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.49			
RESISTENCIA AL 40% f_c (kg/cm ²):	80.10	CARGA DE RORUTA (kg)	16266.88			
		CARGA AL 40% f_c (kg):	6506.752			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.82E-05	4.17E-06	6.16
3	1000	0.008	0.001	8.03E-05	1.25E-05	12.31
4	1500	0.012	0.002	1.18E-04	1.67E-05	18.47
5	2000	0.015	0.002	1.44E-04	2.08E-05	24.62
6	2500	0.017	0.003	1.66E-04	2.50E-05	30.78
7	3000	0.020	0.003	1.93E-04	3.33E-05	36.93
8	3500	0.023	0.004	2.19E-04	3.75E-05	43.09
9	4000	0.025	0.005	2.41E-04	4.58E-05	49.24
10	4500	0.028	0.005	2.62E-04	5.00E-05	55.4
11	5000	0.031	0.005	2.94E-04	5.42E-05	61.55
12	5500	0.034	0.006	3.26E-04	5.83E-05	67.71
13	6000	0.038	0.007	3.58E-04	6.67E-05	73.86
14	6500	0.042	0.007	3.96E-04	7.08E-05	80.02
15	7000	0.047	0.008	4.44E-04	7.50E-05	86.17
16	7500	0.051	0.008	4.82E-04	7.92E-05	92.33
17	8000	0.055	0.008	5.24E-04	8.33E-05	98.48
18	8500	0.060	0.009	5.67E-04	8.75E-05	104.64
19	9000	0.061	0.009	5.78E-04	9.17E-05	110.79
20	9500	0.065	0.010	6.15E-04	9.58E-05	116.95
21	10000	0.069	0.010	6.53E-04	1.00E-04	123.1
22	10500	0.072	0.010	6.90E-04	1.04E-04	129.26
23	11000	0.077	0.011	7.33E-04	1.08E-04	135.41
24	11500	0.080	0.011	7.65E-04	1.13E-04	141.57
25	12000	0.085	0.012	8.08E-04	1.17E-04	147.72
26	12500	0.089	0.012	8.51E-04	1.21E-04	153.88
27	13000	0.092	0.013	8.72E-04	1.29E-04	160.03

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f_c A $d=0.000050$ (S1)	6.51
40% (f_c) (S2)	80.10
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	3.97E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	212333.69
Módulo E_c (Gpa)	20.82

MÓDULO DE POISSON	
$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	3.97E-04
$d=0.000050$ (eh1)	4.65E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	7.09E-05
Poisson	0.191

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V7-B2	DIAMETRO (cm):	10.13
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.59512479
FECHA DE VACIADO:	10/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	209.10	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.45
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm ²):	83.64	CARGA DE RORUTA (kg)	16852.44
		CARGA AL 40% f'c (kg):	6740.98

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.85E-05	4.88E-06	6.2
3	1000	0.010	0.001	9.71E-05	1.46E-05	12.41
4	1500	0.014	0.002	1.33E-04	1.95E-05	18.61
5	2000	0.017	0.002	1.58E-04	2.44E-05	24.82
6	2500	0.020	0.003	1.88E-04	2.93E-05	31.02
7	3000	0.022	0.003	2.06E-04	3.41E-05	37.22
8	3500	0.025	0.004	2.37E-04	4.39E-05	43.43
9	4000	0.027	0.005	2.55E-04	4.88E-05	49.63
10	4500	0.029	0.005	2.79E-04	5.37E-05	55.83
11	5000	0.032	0.006	3.09E-04	6.34E-05	62.04
12	5500	0.035	0.007	3.34E-04	6.83E-05	68.24
13	6000	0.038	0.007	3.58E-04	6.83E-05	74.45
14	6500	0.041	0.007	3.94E-04	7.32E-05	80.65
15	7000	0.043	0.008	4.12E-04	7.80E-05	86.85
16	7500	0.046	0.008	4.37E-04	8.29E-05	93.06
17	8000	0.049	0.009	4.67E-04	8.78E-05	99.26
18	8500	0.052	0.009	4.97E-04	9.27E-05	105.47
19	9000	0.055	0.010	5.28E-04	9.76E-05	111.67
20	9500	0.060	0.010	5.70E-04	1.02E-04	117.87
21	10000	0.064	0.011	6.13E-04	1.12E-04	124.08
22	10500	0.069	0.012	6.61E-04	1.17E-04	130.28
23	11000	0.075	0.012	7.10E-04	1.22E-04	136.48
24	11500	0.078	0.013	7.46E-04	1.32E-04	142.69
25	12000	0.084	0.014	8.01E-04	1.37E-04	148.89
26	12500	0.090	0.014	8.55E-04	1.41E-04	155.1
27	13000	0.096	0.015	9.10E-04	1.51E-04	161.3

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	6.39
40% (f'c) (S2)	83.64
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.03E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	218797.55
Módulo Ec (Gpa)	21.46

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.03E-04
d=0.000050 (eh1)	5.17E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	7.55E-05
Poisson	0.199

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V7-B3	DIAMETRO (cm):	10.12
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.43608167
FECHA DE VACIADO:	10/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	199.34	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.32
RESISTENCIA AL 40% f'_c (kg/cm ²):	79.74	CARGA DE RORUTA (kg)	16034.13
		CARGA AL 40% f'_c (kg):	6413.65

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.008	0.000	7.85E-05	4.81E-06	6.22
3	1000	0.012	0.001	1.14E-04	9.62E-06	12.43
4	1500	0.016	0.002	1.57E-04	1.92E-05	18.65
5	2000	0.020	0.002	1.93E-04	1.92E-05	24.86
6	2500	0.024	0.003	2.28E-04	2.88E-05	31.08
7	3000	0.026	0.003	2.50E-04	3.37E-05	37.3
8	3500	0.030	0.004	2.85E-04	4.33E-05	43.51
9	4000	0.032	0.005	3.07E-04	4.81E-05	49.73
10	4500	0.035	0.005	3.35E-04	5.29E-05	55.95
11	5000	0.039	0.006	3.71E-04	5.77E-05	62.16
12	5500	0.043	0.006	4.07E-04	6.25E-05	68.38
13	6000	0.046	0.007	4.42E-04	6.73E-05	74.59
14	6500	0.042	0.007	4.00E-04	7.21E-05	80.81
15	7000	0.052	0.008	4.92E-04	7.69E-05	87.03
16	7500	0.055	0.008	5.21E-04	8.17E-05	93.24
17	8000	0.059	0.009	5.64E-04	8.65E-05	99.46
18	8500	0.064	0.009	6.14E-04	9.13E-05	105.67
19	9000	0.070	0.010	6.63E-04	9.62E-05	111.89
20	9500	0.076	0.010	7.28E-04	1.01E-04	118.11
21	10000	0.082	0.011	7.78E-04	1.06E-04	124.32
22	10500	0.086	0.011	8.20E-04	1.11E-04	130.54
23	11000	0.091	0.012	8.63E-04	1.15E-04	136.75
24	11500	0.098	0.012	9.35E-04	1.20E-04	142.97
25	12000	0.104	0.013	9.92E-04	1.25E-04	149.19
26	12500	0.108	0.013	1.03E-03	1.30E-04	155.4
27	13000	0.113	0.013	1.08E-03	1.35E-04	161.62

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'_c A $d=0.000050$ (S1)	3.96
40% (f'_c) (S2)	79.74
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f'_c último (ev2)	4.07E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	212313.48
Módulo E_c (Gpa)	20.82

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'_c último (ev2)	4.07E-04
$d=0.000050$ (eh1)	3.06E-06
d A 40% de f'_c último (eh2)	7.13E-05
Poisson	0.191

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V7-B4	DIAMETRO (cm):	10.15
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.91368229
FECHA DE VACIADO:	10/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	196.41	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.49
RESISTENCIA AL	78.56	CARGA DE RORUTA (kg)	15892.26
		CARGA AL 40% f _c (kg):	6356.904

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.95E-05	4.10E-06	6.18
3	1000	0.009	0.001	8.26E-05	1.23E-05	12.36
4	1500	0.013	0.002	1.21E-04	1.64E-05	18.54
5	2000	0.016	0.002	1.49E-04	2.05E-05	24.72
6	2500	0.018	0.002	1.71E-04	2.46E-05	30.9
7	3000	0.021	0.003	1.98E-04	3.28E-05	37.08
8	3500	0.024	0.004	2.26E-04	3.69E-05	43.26
9	4000	0.026	0.005	2.48E-04	4.51E-05	49.44
10	4500	0.028	0.005	2.70E-04	4.92E-05	55.61
11	5000	0.032	0.005	3.03E-04	5.33E-05	61.79
12	5500	0.035	0.006	3.36E-04	5.74E-05	67.97
13	6000	0.039	0.007	3.69E-04	6.56E-05	74.15
14	6500	0.042	0.007	4.02E-04	6.97E-05	80.33
15	7000	0.046	0.007	4.35E-04	7.38E-05	86.51
16	7500	0.050	0.008	4.73E-04	7.79E-05	92.69
17	8000	0.054	0.008	5.12E-04	8.20E-05	98.87
18	8500	0.057	0.009	5.45E-04	8.61E-05	105.05
19	9000	0.062	0.009	5.89E-04	9.02E-05	111.23
20	9500	0.065	0.009	6.22E-04	9.43E-05	117.41
21	10000	0.069	0.010	6.55E-04	9.84E-05	123.59
22	10500	0.073	0.010	6.99E-04	1.02E-04	129.77
23	11000	0.077	0.011	7.38E-04	1.07E-04	135.95
24	11500	0.082	0.011	7.76E-04	1.11E-04	142.13
25	12000	0.086	0.011	8.20E-04	1.15E-04	148.31
26	12500	0.088	0.012	8.42E-04	1.19E-04	154.49
27	13000	0.093	0.012	8.86E-04	1.23E-04	160.67

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f _c A d=0.000050 (S1)	6.26
40% (f _c) (S2)	78.56
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	3.92E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	211133.41
Módulo Ec (Gpa)	20.71

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	3.92E-04
d=0.000050 (eh1)	4.21E-06
d A 40% de f _c último (eh2)	6.85E-05
Poisson	0.188

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V7-B5	DIAMETRO (cm):	10.15
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.91368229
FECHA DE VACIADO:	10/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	205.95	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.30
RESISTENCIA AL 40% f_c	82.38	CARGA DE RORUTA (kg)	16664.17
		CARGA AL 40% f_c (kg):	6665.67

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.000	4.88E-05	4.72E-06	6.2
3	1000	0.010	0.001	9.77E-05	1.42E-05	12.41
4	1500	0.014	0.002	1.34E-04	1.89E-05	18.61
5	2000	0.017	0.002	1.59E-04	2.36E-05	24.82
6	2500	0.020	0.003	1.89E-04	2.83E-05	31.02
7	3000	0.022	0.003	2.08E-04	3.30E-05	37.22
8	3500	0.025	0.004	2.38E-04	4.25E-05	43.43
9	4000	0.027	0.005	2.56E-04	4.72E-05	49.63
10	4500	0.029	0.005	2.81E-04	5.19E-05	55.83
11	5000	0.033	0.006	3.11E-04	6.13E-05	62.04
12	5500	0.035	0.007	3.36E-04	6.60E-05	68.24
13	6000	0.038	0.007	3.60E-04	6.60E-05	74.45
14	6500	0.042	0.008	3.97E-04	7.55E-05	80.65
15	7000	0.044	0.008	4.15E-04	7.55E-05	86.85
16	7500	0.047	0.008	4.46E-04	8.02E-05	93.06
17	8000	0.051	0.008	4.82E-04	8.49E-05	99.26
18	8500	0.054	0.009	5.13E-04	8.96E-05	105.47
19	9000	0.057	0.009	5.43E-04	9.43E-05	111.67
20	9500	0.060	0.010	5.74E-04	9.91E-05	117.87
21	10000	0.064	0.010	6.11E-04	1.04E-04	124.08
22	10500	0.068	0.011	6.47E-04	1.08E-04	130.28
23	11000	0.072	0.011	6.90E-04	1.13E-04	136.48
24	11500	0.076	0.012	7.26E-04	1.23E-04	142.69
25	12000	0.081	0.013	7.75E-04	1.27E-04	148.89
26	12500	0.087	0.013	8.30E-04	1.32E-04	155.1
27	13000	0.091	0.137	8.67E-04	1.37E-03	161.3

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	6.35
40% (f_c) (S2)	82.38
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.02E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	216040.81
Módulo E_c (Gpa)	21.19

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.02E-04
$d=0.000050$ (eh1)	4.94E-06
d A 40% de f_c último (eh2)	7.55E-05
Poisson	0.200

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V7-B6	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.754325
FECHA DE VACIADO:	10/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	28	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	211.75	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.51
RESISTENCIA AL 40%f'c	84.70	CARGA DE RORUTA (kg)	17099.73
		CARGA AL 40% f'c (kg):	6839.89

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.007	0.001	6.80E-05	5.00E-06	6.22
3	1000	0.010	0.001	9.89E-05	1.00E-05	12.43
4	1500	0.014	0.002	1.36E-04	2.00E-05	18.65
5	2000	0.018	0.002	1.67E-04	2.00E-05	24.86
6	2500	0.021	0.003	1.98E-04	3.00E-05	31.08
7	3000	0.023	0.004	2.16E-04	3.50E-05	37.3
8	3500	0.026	0.005	2.47E-04	4.50E-05	43.51
9	4000	0.028	0.005	2.66E-04	5.00E-05	49.73
10	4500	0.031	0.006	2.91E-04	5.50E-05	55.95
11	5000	0.034	0.006	3.22E-04	6.00E-05	62.16
12	5500	0.037	0.007	3.53E-04	6.50E-05	68.38
13	6000	0.040	0.007	3.83E-04	7.00E-05	74.59
14	6500	0.042	0.008	4.02E-04	7.50E-05	80.81
15	7000	0.045	0.008	4.27E-04	8.00E-05	87.03
16	7500	0.047	0.009	4.51E-04	8.50E-05	93.24
17	8000	0.051	0.009	4.89E-04	9.00E-05	99.46
18	8500	0.055	0.010	5.26E-04	9.50E-05	105.67
19	9000	0.060	0.010	5.69E-04	1.00E-04	111.89
20	9500	0.064	0.011	6.12E-04	1.05E-04	118.11
21	10000	0.070	0.011	6.68E-04	1.10E-04	124.32
22	10500	0.074	0.012	7.05E-04	1.15E-04	130.54
23	11000	0.079	0.012	7.48E-04	1.20E-04	136.75
24	11500	0.084	0.013	7.98E-04	1.25E-04	142.97
25	12000	0.086	0.013	8.16E-04	1.30E-04	149.19
26	12500	0.091	0.014	8.66E-04	1.35E-04	155.4
27	13000	0.096	0.014	9.15E-04	1.40E-04	161.62

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'c A d=0.000050 (S1)	4.57
40% (f'c) (S2)	84.70
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	4.17E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	218066.07
Módulo Ec (Gpa)	21.39

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	4.17E-04
d=0.000050 (eh1)	3.68E-06
d A 40% de f'c último (eh2)	7.81E-05
Poisson	0.203

Tabla 159

Módulo de elasticidad y relación de Poisson (V8-B1 al B6, 3.5% PAA, 42 días)

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469						
RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²						
MUESTRA:	V8-B1	DIAMETRO (cm):	10.14			
%PAA	3.5	ÁREA (cm²):	80.754325			
FECHA DE VACIADO:	11/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5			
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10			
RESISTENCIA (kg/cm²)	229.31	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.49			
RESISTENCIA AL 40%f'c (kg/cm²):	91.72	CARGA DE RORUTA (kg)	18517.77			
		CARGA AL 40% f'c (kg):	7407.108			

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.000	1.54E-05	3.95E-06	6.19
3	1000	0.003	0.001	3.07E-05	7.91E-06	12.38
4	1500	0.005	0.002	4.61E-05	1.58E-05	18.57
5	2000	0.006	0.002	5.38E-05	1.98E-05	24.77
6	2500	0.006	0.002	6.14E-05	2.37E-05	30.96
7	3000	0.008	0.003	7.68E-05	3.16E-05	37.15
8	3500	0.010	0.003	9.22E-05	3.16E-05	43.34
9	4000	0.011	0.004	1.08E-04	3.95E-05	49.53
10	4500	0.016	0.005	1.54E-04	4.74E-05	55.72
11	5000	0.019	0.005	1.84E-04	4.74E-05	61.92
12	5500	0.023	0.006	2.15E-04	5.53E-05	68.11
13	6000	0.026	0.006	2.46E-04	6.32E-05	74.3
14	6500	0.029	0.007	2.76E-04	6.72E-05	80.49
15	7000	0.032	0.007	3.07E-04	7.11E-05	86.68
16	7500	0.037	0.008	3.53E-04	7.91E-05	92.87
17	8000	0.040	0.009	3.84E-04	8.70E-05	99.07
18	8500	0.045	0.009	4.30E-04	9.09E-05	105.26
19	9000	0.050	0.009	4.76E-04	9.49E-05	111.45
20	9500	0.055	0.010	5.22E-04	1.03E-04	117.64
21	10000	0.058	0.011	5.53E-04	1.11E-04	123.83
22	10500	0.063	0.013	5.99E-04	1.26E-04	130.02
23	11000	0.069	0.001	6.61E-04	1.42E-05	136.22
24	11500	0.076	0.015	7.22E-04	1.50E-04	142.41
25	12000	0.079	0.016	7.53E-04	1.58E-04	148.6
26	12500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	154.79
27	13000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
f'c A d=0.000050 (S1)	21.73
40% (f'c) (S2)	91.72
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f'c último (ev2)	3.45E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	237445.39
Módulo Ec (Gpa)	23.29

MÓDULO DE POISSON	
d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'c último (ev2)	3.45E-04
d=0.000050 (eh1)	1.78E-05
d A 40% de f'c último (eh2)	7.76E-05
Poisson	0.203

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V8-B2	DIAMETRO (cm):	10.14
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.754325
FECHA DE VACIADO:	11/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	226.52	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.46
RESISTENCIA AL 40% f_c (kg/cm ²):	90.61	CARGA DE RORUTA (kg)	18292.47
		CARGA AL 40% f_c (kg):	7316.99

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.000	1.63E-05	4.17E-06	6.19
3	1000	0.003	0.001	3.26E-05	8.33E-06	12.38
4	1500	0.005	0.002	4.88E-05	1.67E-05	18.57
5	2000	0.006	0.002	5.70E-05	2.08E-05	24.77
6	2500	0.007	0.003	6.51E-05	2.50E-05	30.96
7	3000	0.009	0.003	8.14E-05	3.33E-05	37.15
8	3500	0.010	0.003	9.77E-05	3.33E-05	43.34
9	4000	0.012	0.004	1.14E-04	4.17E-05	49.53
10	4500	0.017	0.005	1.63E-04	5.00E-05	55.72
11	5000	0.021	0.005	1.95E-04	5.00E-05	61.92
12	5500	0.024	0.006	2.28E-04	5.83E-05	68.11
13	6000	0.027	0.007	2.60E-04	6.67E-05	74.30
14	6500	0.031	0.007	2.93E-04	7.08E-05	80.49
15	7000	0.034	0.008	3.26E-04	7.50E-05	86.68
16	7500	0.039	0.008	3.74E-04	8.33E-05	92.87
17	8000	0.043	0.009	4.07E-04	9.17E-05	99.07
18	8500	0.048	0.010	4.56E-04	9.58E-05	105.26
19	9000	0.053	0.010	5.05E-04	1.00E-04	111.45
20	9500	0.058	0.011	5.54E-04	1.08E-04	117.64
21	10000	0.062	0.012	5.86E-04	1.17E-04	123.83
22	10500	0.067	0.013	6.35E-04	1.33E-04	130.02
23	11000	0.074	0.002	7.00E-04	1.50E-05	136.22
24	11500	0.080	0.016	7.65E-04	1.58E-04	142.41
25	12000	0.084	0.017	7.98E-04	1.67E-04	148.60
26	12500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	154.79
27	13000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	19.45
40% (f_c) (S2)	90.61
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	3.57E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	232081.41
Módulo E_c (Gpa)	22.76

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	3.57E-04
$d=0.000050$ (eh1)	1.73E-05
d A 40% de f_c último (eh2)	8.03E-05
Poisson	0.206

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V8-B3	DIAMETRO (cm):	10.12
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.43608167
FECHA DE VACIADO:	11/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	230.52	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.45
RESISTENCIA AL 40% f'_c (kg/cm ²):	92.21	CARGA DE RORUTA (kg)	18542.13
		CARGA AL 40% f'_c (kg):	7416.85

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.002	0.000	1.54E-05	4.00E-06	6.22
3	1000	0.003	0.001	3.07E-05	8.00E-06	12.43
4	1500	0.005	0.002	4.61E-05	1.60E-05	18.65
5	2000	0.006	0.002	5.38E-05	2.00E-05	24.86
6	2500	0.006	0.002	6.14E-05	2.40E-05	31.08
7	3000	0.008	0.003	7.68E-05	3.20E-05	37.3
8	3500	0.010	0.003	9.22E-05	3.20E-05	43.51
9	4000	0.011	0.004	1.08E-04	4.00E-05	49.73
10	4500	0.016	0.005	1.54E-04	4.80E-05	55.95
11	5000	0.019	0.005	1.84E-04	4.80E-05	62.16
12	5500	0.023	0.006	2.15E-04	5.60E-05	68.38
13	6000	0.026	0.006	2.46E-04	6.40E-05	74.59
14	6500	0.029	0.007	2.76E-04	6.80E-05	80.81
15	7000	0.032	0.007	3.07E-04	7.20E-05	87.03
16	7500	0.037	0.008	3.53E-04	8.00E-05	93.24
17	8000	0.040	0.009	3.84E-04	8.80E-05	99.46
18	8500	0.045	0.009	4.30E-04	9.20E-05	105.67
19	9000	0.050	0.010	4.76E-04	9.60E-05	111.89
20	9500	0.055	0.010	5.22E-04	1.04E-04	118.11
21	10000	0.058	0.011	5.53E-04	1.12E-04	124.32
22	10500	0.063	0.013	5.99E-04	1.28E-04	130.54
23	11000	0.069	0.001	6.61E-04	1.44E-05	136.75
24	11500	0.076	0.015	7.22E-04	1.52E-04	142.97
25	12000	0.079	0.016	7.53E-04	1.60E-04	149.19
26	12500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	155.4
27	13000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	161.62

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f'_c A $d=0.000050$ (S1)	21.82
40% (f'_c) (S2)	92.21
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f'_c último (ev2)	3.46E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	238093.14
Módulo E_c (Gpa)	23.35

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f'_c último (ev2)	3.46E-04
$d=0.000050$ (eh1)	1.80E-05
d A 40% de f'_c último (eh2)	7.87E-05
Poisson	0.205

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F'c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V8-B4	DIAMETRO (cm):	10.12
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.43608167
FECHA DE VACIADO:	11/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	220.26	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.32
RESISTENCIA AL	88.10	CARGA DE RORUTA (kg)	17716.85
		CARGA AL 40% Fc (kg):	7086.74

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.007	0.001	6.70E-05	1.02E-05	6.22
3	1000	0.010	0.002	9.67E-05	1.52E-05	12.43
4	1500	0.015	0.002	1.41E-04	2.03E-05	18.65
5	2000	0.018	0.002	1.71E-04	2.03E-05	24.86
6	2500	0.022	0.003	2.08E-04	2.54E-05	31.08
7	3000	0.025	0.003	2.38E-04	3.05E-05	37.3
8	3500	0.027	0.004	2.60E-04	4.06E-05	43.51
9	4000	0.030	0.004	2.83E-04	4.06E-05	49.73
10	4500	0.032	0.005	3.05E-04	5.08E-05	55.95
11	5000	0.034	0.006	3.20E-04	5.58E-05	62.16
12	5500	0.037	0.006	3.50E-04	6.09E-05	68.38
13	6000	0.039	0.007	3.72E-04	6.60E-05	74.59
14	6500	0.042	0.008	4.02E-04	7.61E-05	80.81
15	7000	0.045	0.008	4.24E-04	8.12E-05	87.03
16	7500	0.045	0.009	4.32E-04	9.14E-05	93.24
17	8000	0.048	0.010	4.54E-04	9.64E-05	99.46
18	8500	0.049	0.010	4.69E-04	9.64E-05	105.67
19	9000	0.050	0.010	4.76E-04	1.02E-04	111.89
20	9500	0.052	0.011	4.99E-04	1.07E-04	118.11
21	10000	0.053	0.011	5.06E-04	1.12E-04	124.32
22	10500	0.054	0.011	5.13E-04	1.12E-04	130.54
23	11000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	136.75
24	11500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	142.97
25	12000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	149.19
26	12500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	155.4
27	13000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	161.62

MÓDULO DE ELASTICIDAD

Fc A d=0.000050 (S1)	4.64
40% (fc) (S2)	88.10
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de fc último (ev2)	4.25E-04
Módulo Ec (kg/cm²)	222325.73
Módulo Ec (Gpa)	21.8

MÓDULO DE POISSON

d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de fc último (ev2)	4.25E-04
d=0.000050 (eh1)	7.58E-06
d A 40% de fc último (eh2)	8.30E-05
Poisson	0.201

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

MUESTRA:	V8-B5	DIAMETRO (cm):	10.13
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.59512479
FECHA DE VACIADO:	11/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	224.43	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.49
RESISTENCIA AL 40% f_c	89.77	CARGA DE RORUTA (kg)	18087.96
		CARGA AL 40% f_c (kg):	7235.18

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.001	4.80E-05	1.03E-05	6.19
3	1000	0.009	0.002	8.80E-05	1.55E-05	12.38
4	1500	0.014	0.002	1.36E-04	2.06E-05	18.57
5	2000	0.019	0.002	1.84E-04	2.06E-05	24.77
6	2500	0.024	0.003	2.24E-04	3.09E-05	30.96
7	3000	0.026	0.004	2.48E-04	3.61E-05	37.15
8	3500	0.028	0.004	2.64E-04	4.12E-05	43.34
9	4000	0.031	0.005	2.96E-04	5.15E-05	49.53
10	4500	0.033	0.006	3.12E-04	5.67E-05	55.72
11	5000	0.035	0.006	3.36E-04	6.19E-05	61.92
12	5500	0.038	0.007	3.60E-04	6.70E-05	68.11
13	6000	0.039	0.007	3.68E-04	7.22E-05	74.3
14	6500	0.040	0.008	3.84E-04	7.73E-05	80.49
15	7000	0.043	0.008	4.08E-04	8.25E-05	86.68
16	7500	0.045	0.009	4.24E-04	8.76E-05	92.87
17	8000	0.046	0.009	4.40E-04	9.28E-05	99.07
18	8500	0.045	0.010	4.24E-04	9.79E-05	105.26
19	9000	0.050	0.010	4.72E-04	1.03E-04	111.45
20	9500	0.051	0.010	4.88E-04	1.03E-04	117.64
21	10000	0.053	0.011	5.04E-04	1.08E-04	123.83
22	10500	0.055	0.011	5.28E-04	1.13E-04	130.02
23	11000	0.058	0.012	5.52E-04	1.19E-04	136.22
24	11500	0.060	0.012	5.68E-04	1.24E-04	142.41
25	12000	0.061	0.013	5.84E-04	1.29E-04	148.6
26	12500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	154.79
27	13000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	160.98

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f_c A $d=0.000050$ (S1)	6.50
40% (f_c) (S2)	89.77
$d=0.000050$ (ev1)	0.00005
d A 40% de f_c último (ev2)	4.16E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	227430.33
Módulo E_c (Gpa)	22.3

MÓDULO DE POISSON

$d=0.000050$ (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f_c último (ev2)	4.16E-04
$d=0.000050$ (eh1)	1.06E-05
d A 40% de f_c último (eh2)	8.50E-05
Poisson	0.203

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO EXPERIMENTAL NORMA ASTM C 469

RESISTENCIA F_c = 210 kg/cm²

MUESTRA:	V8-B6	DIAMETRO (cm):	10.13
%PAA	3.5	ÁREA (cm ²):	80.59512479
FECHA DE VACIADO:	11/08/2023	LONGITUD DE MEDICIÓN VERTICAL	10.5
EDAD (Días):	42	LONGITUD DE MEDICIÓN	10
RESISTENCIA (kg/cm ²)	218.32	LONGITUD PROM. DE MUESTRA	20.51
RESISTENCIA AL 40%f _c	87.33	CARGA DE RORUTA (kg)	17595.53
		CARGA AL 40% f _c (kg):	7038.21

Lect.	Carga	Def. Vertical	Def. Horizontal	Def. Unitaria Vertical	Def. Unitaria Horizontal	Esfuerzo
No.	(kg)	(mm)	(mm)	(mm/mm)	(mm/mm)	(kg/cm ²)
1	0	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0
2	500	0.005	0.001	4.84E-05	1.13E-05	6.22
3	1000	0.009	0.002	8.88E-05	1.69E-05	12.43
4	1500	0.013	0.002	1.21E-04	2.26E-05	18.65
5	2000	0.018	0.002	1.69E-04	2.26E-05	24.86
6	2500	0.020	0.003	1.94E-04	2.82E-05	31.08
7	3000	0.023	0.003	2.18E-04	3.39E-05	37.3
8	3500	0.026	0.005	2.50E-04	4.52E-05	43.51
9	4000	0.030	0.005	2.82E-04	5.08E-05	49.73
10	4500	0.031	0.006	2.99E-04	5.65E-05	55.95
11	5000	0.034	0.006	3.23E-04	6.21E-05	62.16
12	5500	0.036	0.007	3.47E-04	6.78E-05	68.38
13	6000	0.039	0.007	3.71E-04	7.34E-05	74.59
14	6500	0.042	0.008	3.95E-04	8.47E-05	80.81
15	7000	0.044	0.008	4.20E-04	8.47E-05	87.03
16	7500	0.046	0.009	4.36E-04	9.04E-05	93.24
17	8000	0.048	0.010	4.60E-04	9.60E-05	99.46
18	8500	0.050	0.010	4.76E-04	1.02E-04	105.67
19	9000	0.052	0.011	4.92E-04	1.07E-04	111.89
20	9500	0.055	0.011	5.25E-04	1.13E-04	118.11
21	10000	0.058	0.011	5.49E-04	1.13E-04	124.32
22	10500	0.059	0.012	5.65E-04	1.19E-04	130.54
23	11000	0.062	0.012	5.89E-04	1.24E-04	136.75
24	11500	0.064	0.013	6.05E-04	1.30E-04	142.97
25	12000	0.065	0.014	6.21E-04	1.36E-04	149.19
26	12500	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	155.4
27	13000	0.000	0.000	0.00E+00	0.00E+00	161.62

MÓDULO DE ELASTICIDAD

f _c A d=0.000050 (S1)	6.46
40% (f _c) (S2)	87.33
d=0.000050 (ev1)	0.00005
d A 40% de f _c último (ev2)	4.20E-04
Módulo E_c (kg/cm²)	218280.20
Módulo E_c (Gpa)	21.41

MÓDULO DE POISSON


d=0.000050 (ev1)	5.00E-05
d A 40% de f _c último (ev2)	4.20E-04
d=0.000050 (eh1)	1.15E-05
d A 40% de f _c último (eh2)	8.50E-05
Poisson	0.198

ANEXO D. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO


ANEXO D1: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 0% PAA)

Tabla 160

Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 28 días)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

TESISTAS: Baeh. IV'ANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE
UBICACIÓN: Baeh. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

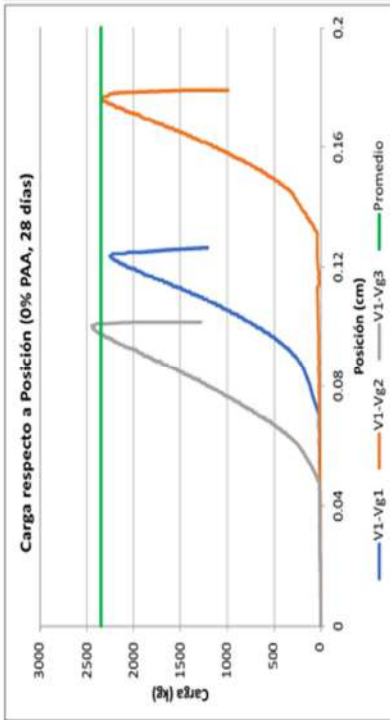
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78

Módulo de rotura	2.80	Mpa
% de PAA:	0	%
Temperatura	22.5	°C

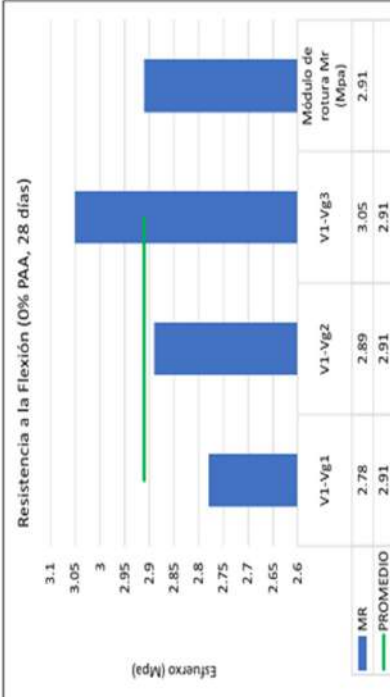
Fecha de moldeo:	01/08/2023
Fecha de rotura:	29/08/2023

N°	Muestra	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (N)	Carga (kg)	Módulo de rotura (NMr) (kg/cm ²)	Módulo de rotura (Mpa)
1	V1-Vg1	15.09	15.39	34.90	45	28	2253.90	22103.20	28.39	2.78
2	V1-Vg2	15.15	15.36	35.00	45	28	2336.91	22917.22	29.43	2.89
3	V1-Vg3	15.12	15.31	34.70	45	28	2447.58	24002.58	31.11	3.05

Módulo de rotura Mr (Mpa) 2.91 104%



Carga respecto a Posición (0% PAA, 28 días)



Resistencia a la Flexión (0% PAA, 28 días)

Tabla 161

Resistencia a la flexión del concreto (0% PAA, 42 días)



ANEXO D2: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 1.5% PAA)

Tabla 162

Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 28 días)

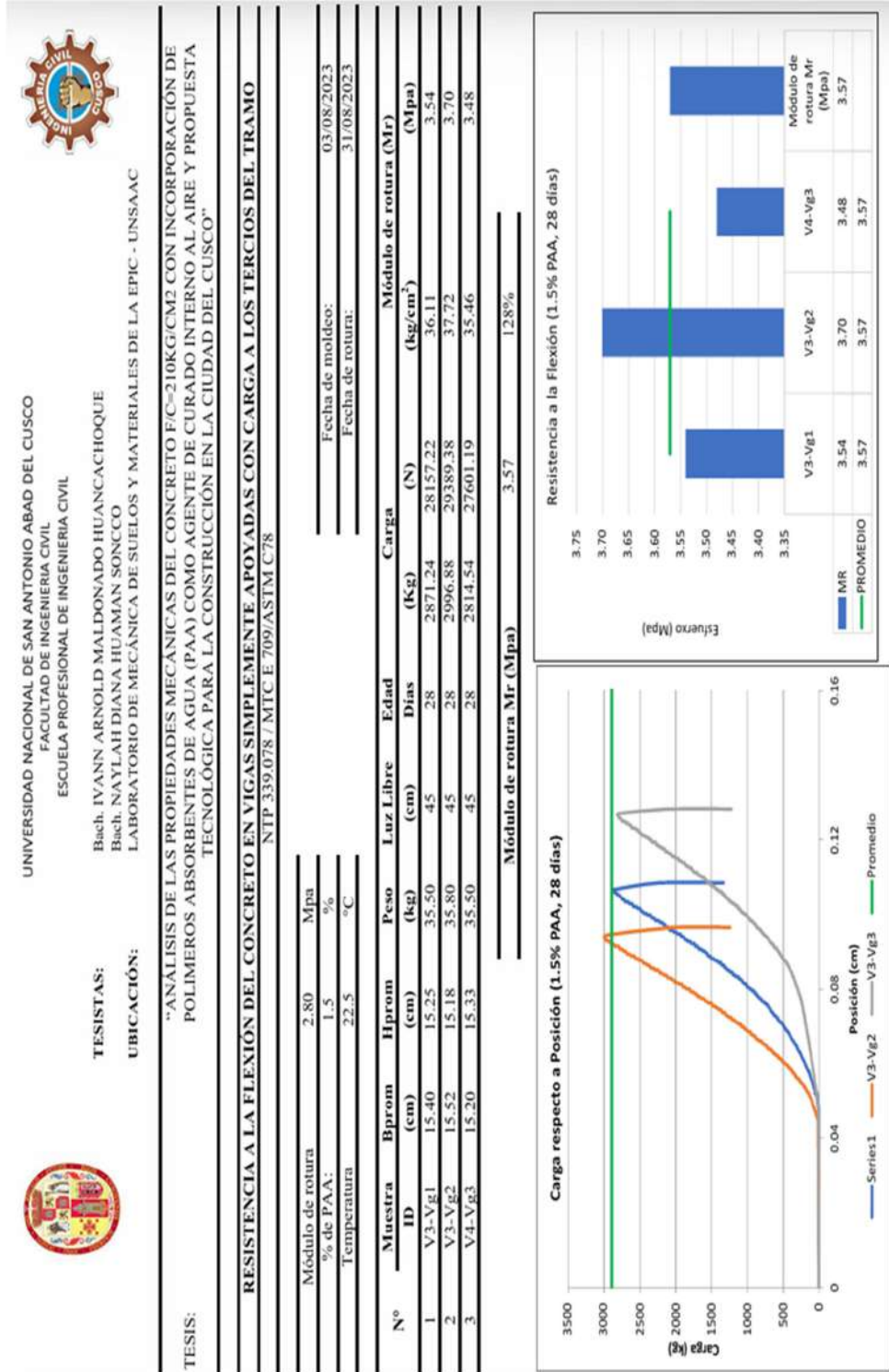


Tabla 163

Resistencia a la flexión del concreto (1.5% PAA, 42 días)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESISTAS: Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE
Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO
UBICACIÓN: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

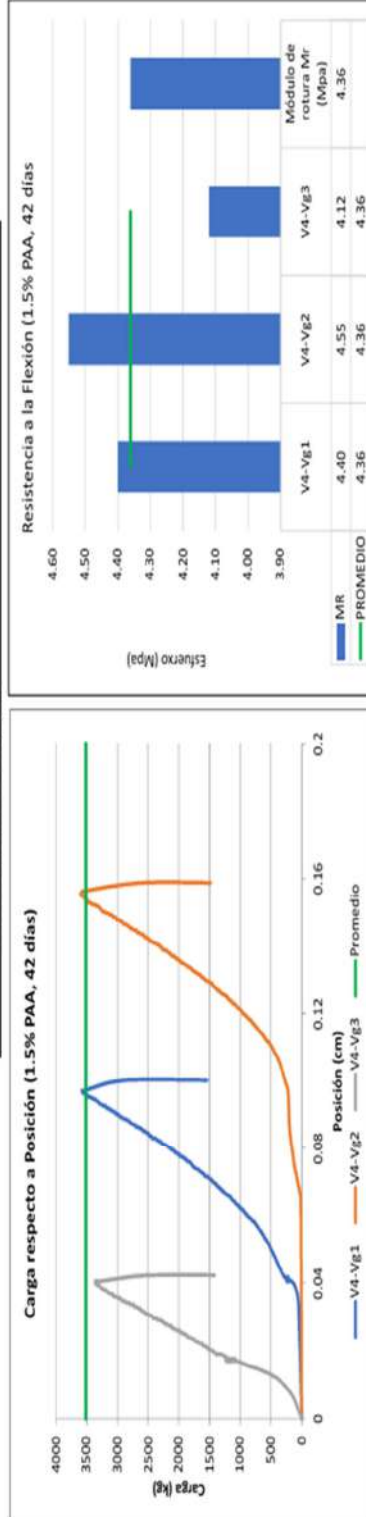
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO

NTP-339.078 / MITC E-709/ASTM C78

Módulo de rotura	2.80	Mpa
% de PAA:	1.5	%
Temperatura	22.5	°C
Fecha de moldeo:	01/08/2023	
Fecha de rotura:	12/09/2023	

N°	Muestra	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (kg)	Carga (N)	Módulo de rotura (Mr) (kg/cm ²)	Módulo de rotura (Mpa)
1	V4-Vg1	15.19	15.38	35.40	45	42	3578.39	35091.99	44.84	4.40
2	V4-Vg2	15.21	15.17	35.10	45	42	3603.33	35336.64	46.36	4.55
3	V4-Vg3	15.13	15.45	35.60	45	42	3366.56	33014.67	41.99	4.12

Módulo de rotura Mr (Mpa) 4.36 156%



ANEXO D3: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 2.5% PAA)

Tabla 164

Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 28 días)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE
Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC

TESISTAS:
UBICACIÓN:

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO

NTP 339.078 / MICE 709/ASIM C78

Nº	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (kg)	Carga (N)	Módulo de rotura (Mr) (kg/cm ²)	Módulo de rotura (Mr) (Mpa)
1	V5-Vg1	15.19	15.44	34.80	45	28	2741.51	26885.03	34.08	3.34
2	V5-Vg2	15.15	15.27	34.50	45	28	2639.45	25884.18	33.63	3.30
3	V5-Vg3	15.22	15.37	35.00	45	28	2394.97	23486.59	29.98	2.94

Fecha de moldeo: 08/08/2023
Fecha de rotura: 05/09/2023

Módulo de rotura Mr (Mpa) 3.19 114%

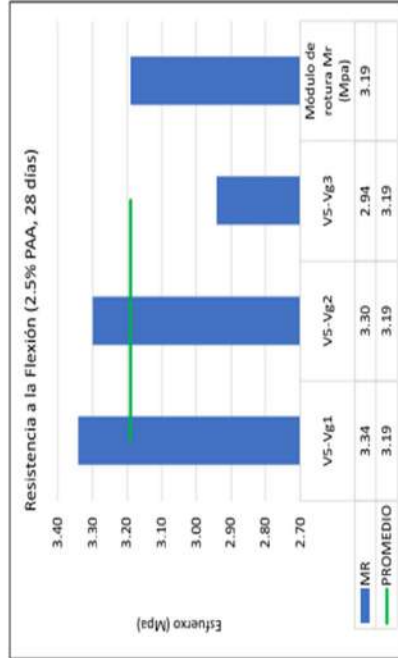
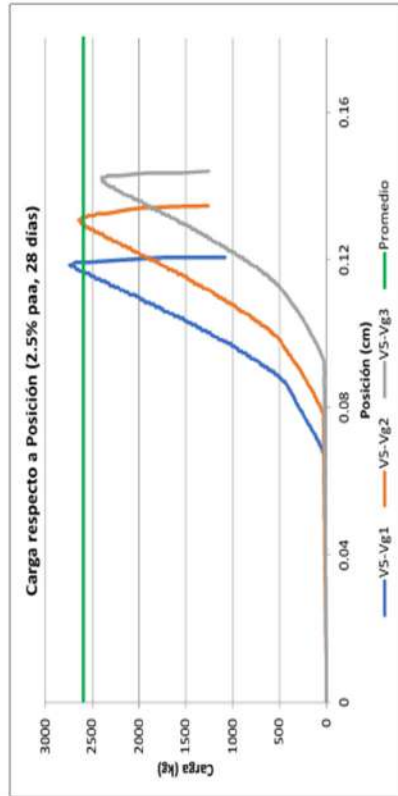


Tabla 165

Resistencia a la flexión del concreto (2.5% PAA, 42 días)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESISTAS: Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE
 Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO
 UBICACIÓN: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC



TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO".

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO

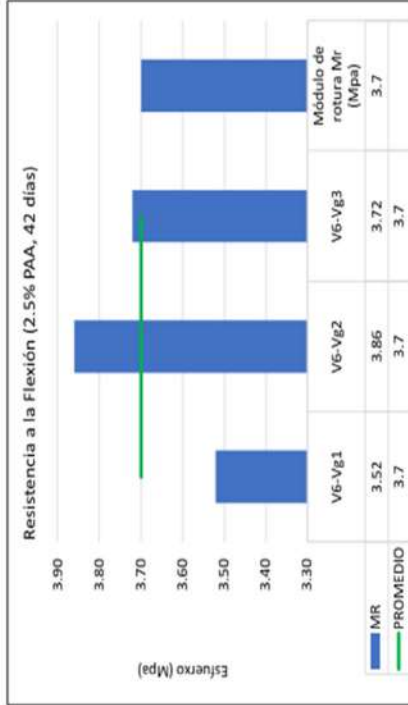
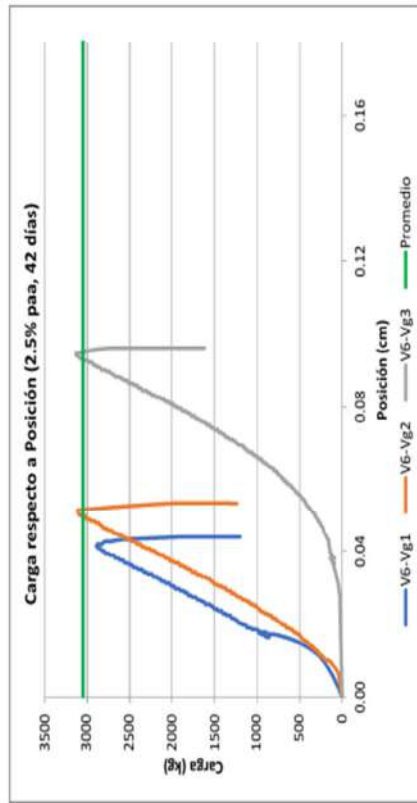
NTP 339.078 / MITC E 709/ASTM C78

Módulo de rotura	2.80	Mpa
% de PAA:	2.5	%
Temperatura	22.5	°C

Fecha de moldeo:	09/08/2023
Fecha de rotura:	20/09/2023

N°	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad Dias	Carga (Kg)	Carga (N)	Módulo de rotura (Mr) (kg/cm ²)	Módulo de rotura (Mr) (Mpa)
1	V6-Vg1	15.22	15.46	34.90	45	42	2896.18	28401.87	35.85	3.52
2	V6-Vg2	15.16	15.33	34.60	45	42	3115.27	30550.36	39.37	3.86
3	V6-Vg3	15.15	15.67	35.10	45	42	3135.23	30746.08	37.96	3.72

Módulo de rotura Mr (Mpa) 3.7 132%



ANEXO D4: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (DMCP + 3.5% PAA)

Tabla 166

Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 28 días)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESISTAS: Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE
Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO
UBICACIÓN: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC



TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MIC E 709/ASTM C78

N°	Muestra ID	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (Kg)	Carga (N)	Módulo de rotura (Mpa)
1	V7-Vg1	15.17	15.23	34.30	45	28	2602.26	25519.43	3.27
2	V7-Vg2	15.22	15.29	34.70	45	28	2572.32	25225.84	3.19
3	V7-Vg3	15.14	15.17	34.40	45	28	2423.09	23762.38	3.07

Módulo de rotura Mr (Mpa) 3.18 114%

Fecha de moldeo: 10/08/2023
Fecha de rotura: 07/09/2023

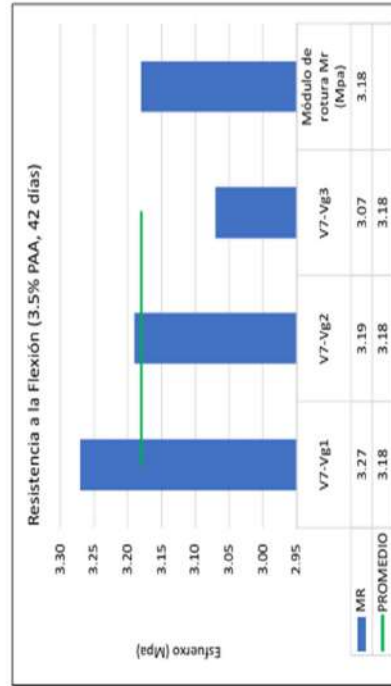
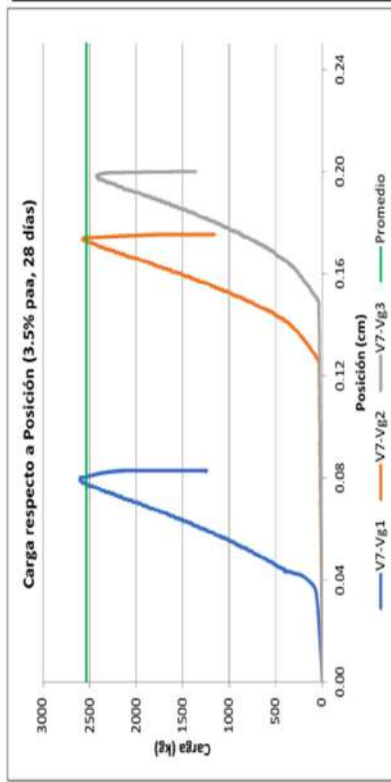


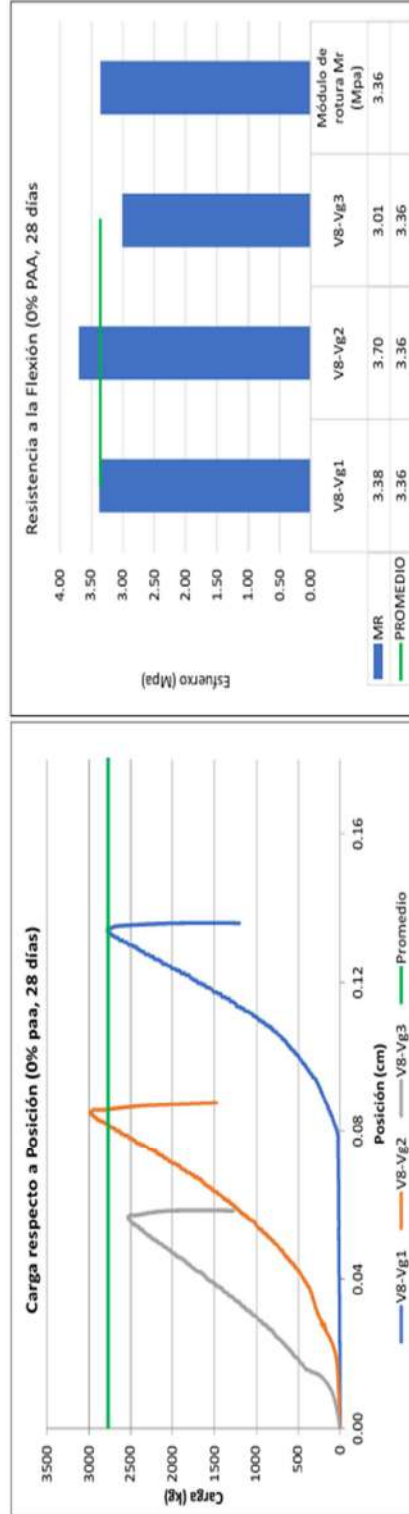


Tabla 167

Resistencia a la flexión del concreto (3.5% PAA, 42 días)

										
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
TESISTAS:		Bach. IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE Bach. NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO								
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA EPIC - UNSAAC								
TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F/C=210KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO."										
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO										
NTP 339.078 / MTC E 709/ASTM C78										
Módulo de rotura		Mpa								
% de PAA:		3.5								
Temperatura		22.5 °C								
Fecha de moldeo:		11/08/2023								
Fecha de rotura:		22/09/2023								
N°	Muestra	Bprom (cm)	Hprom (cm)	Peso (kg)	Luz Libre (cm)	Edad (Días)	Carga (N)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Mr) (Mpa)	
1	V8-Vg1	15.22	15.46	34.70	45	42	2780.97	27272.02	34.42	3.38
2	V8-Vg2	15.16	15.33	34.70	45	42	2987.81	29300.41	37.76	3.70
3	V8-Vg3	15.15	15.67	34.50	45	42	2533.31	24843.30	30.67	3.01
Módulo de rotura Mr (Mpa)									3.36	120%



ANEXO E. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

ANEXO E1: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 0% PAA)

Figura 77

Resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón (0%, 28 días)

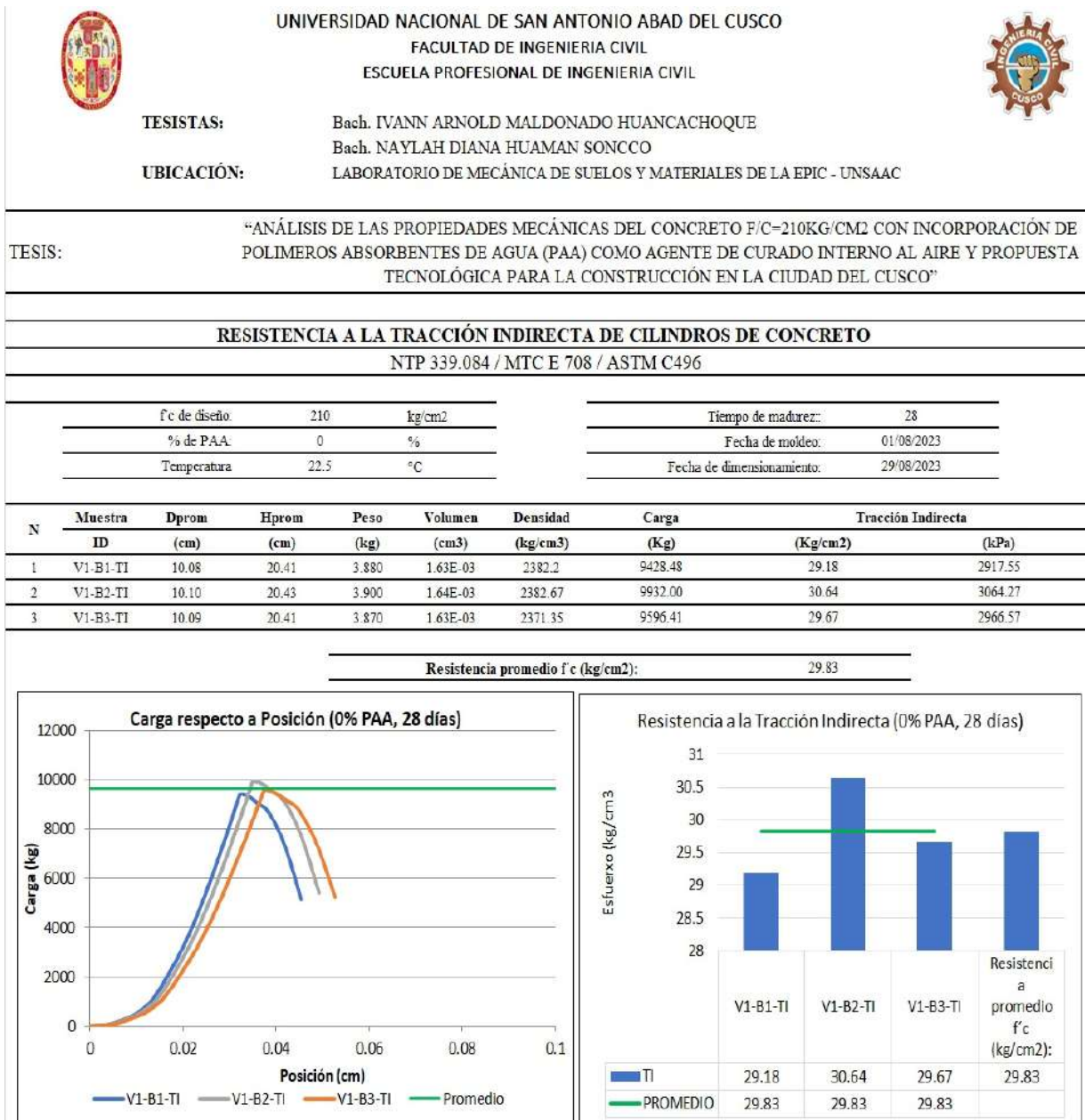
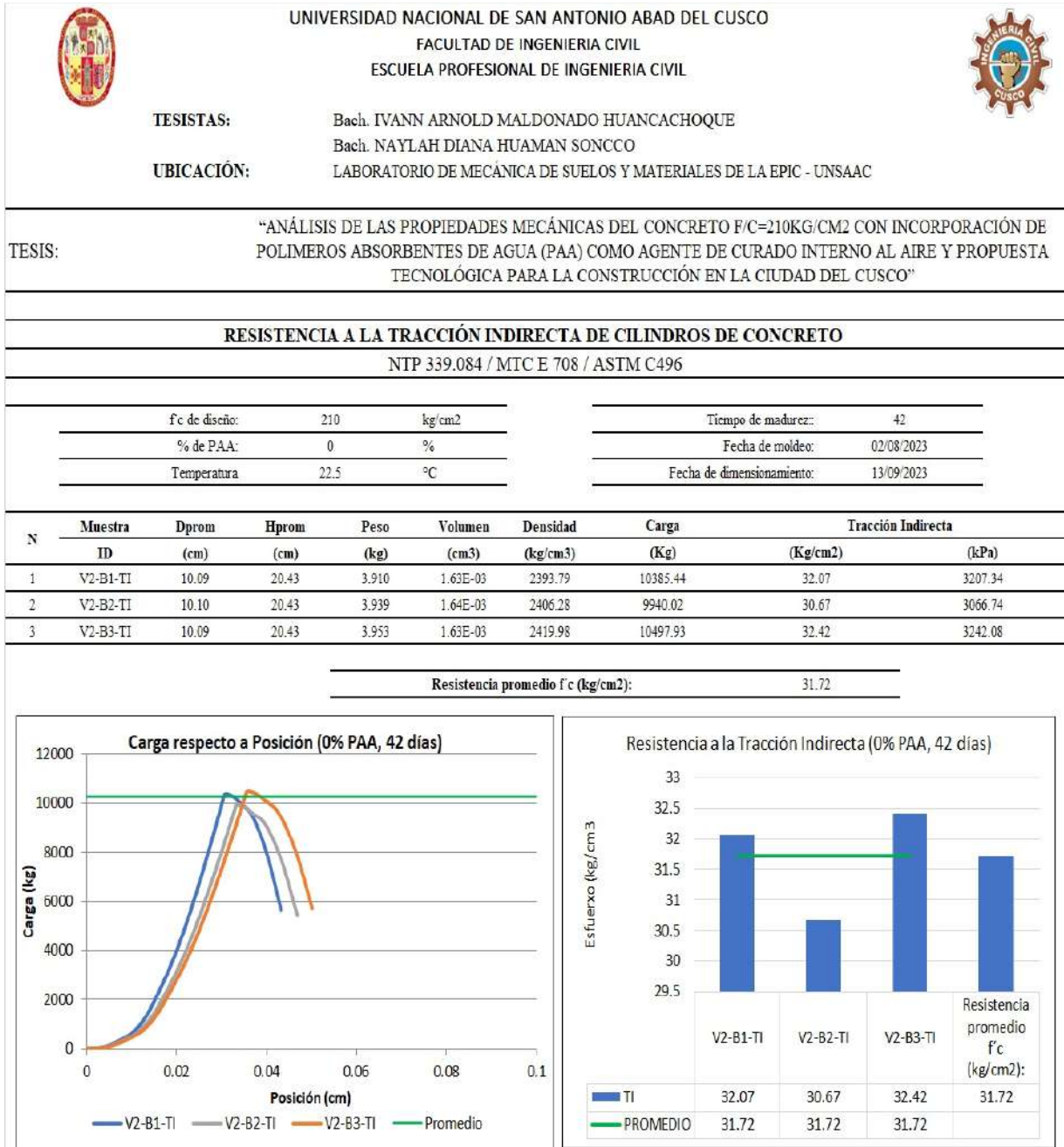


Figura 78

Resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón (0%, 42 días)



ANEXO E2: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 1.5% PAA)

Figura 79

Resistencia a la tracción indirecta del concreto (1.5%, 28 días)

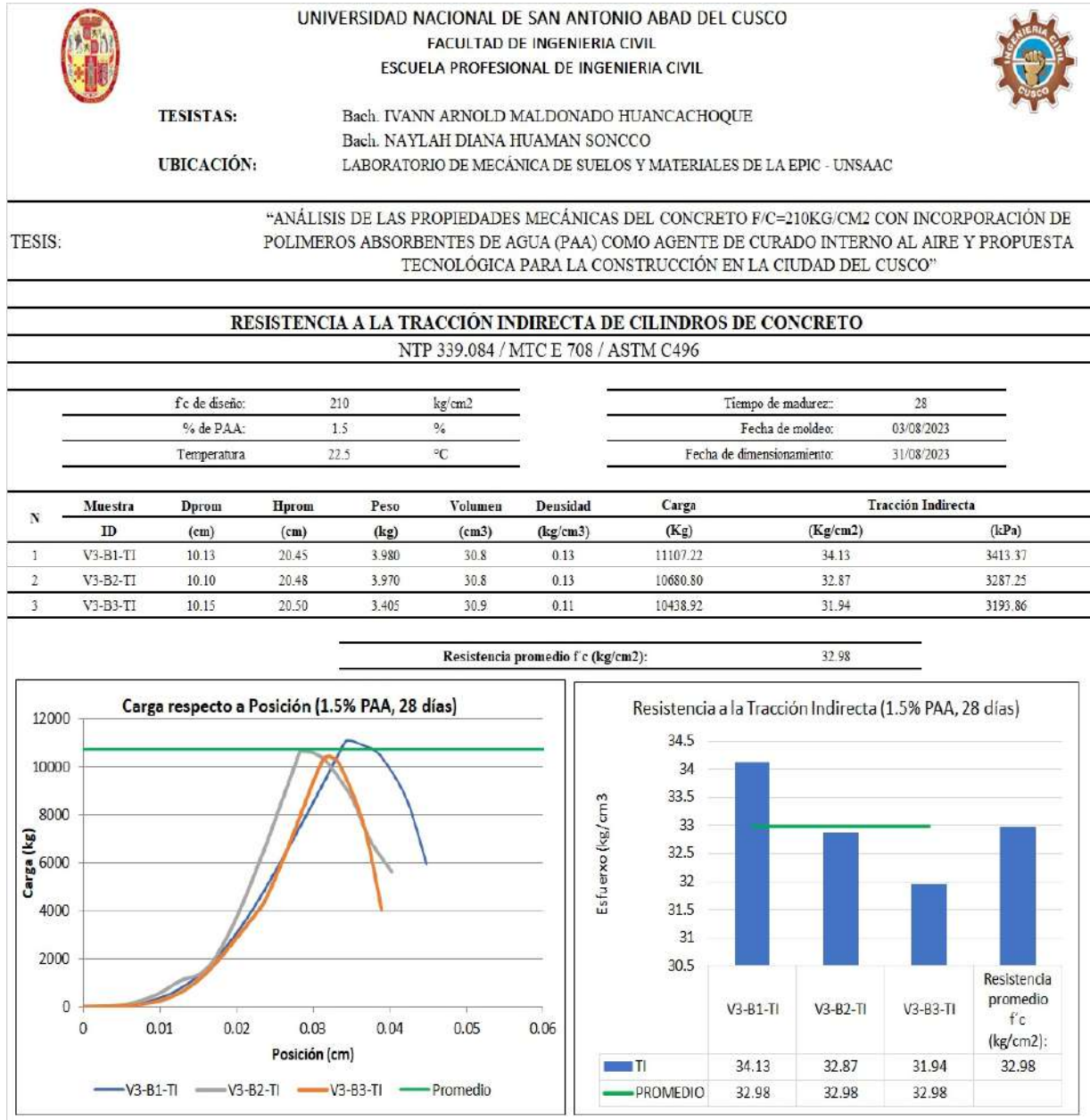
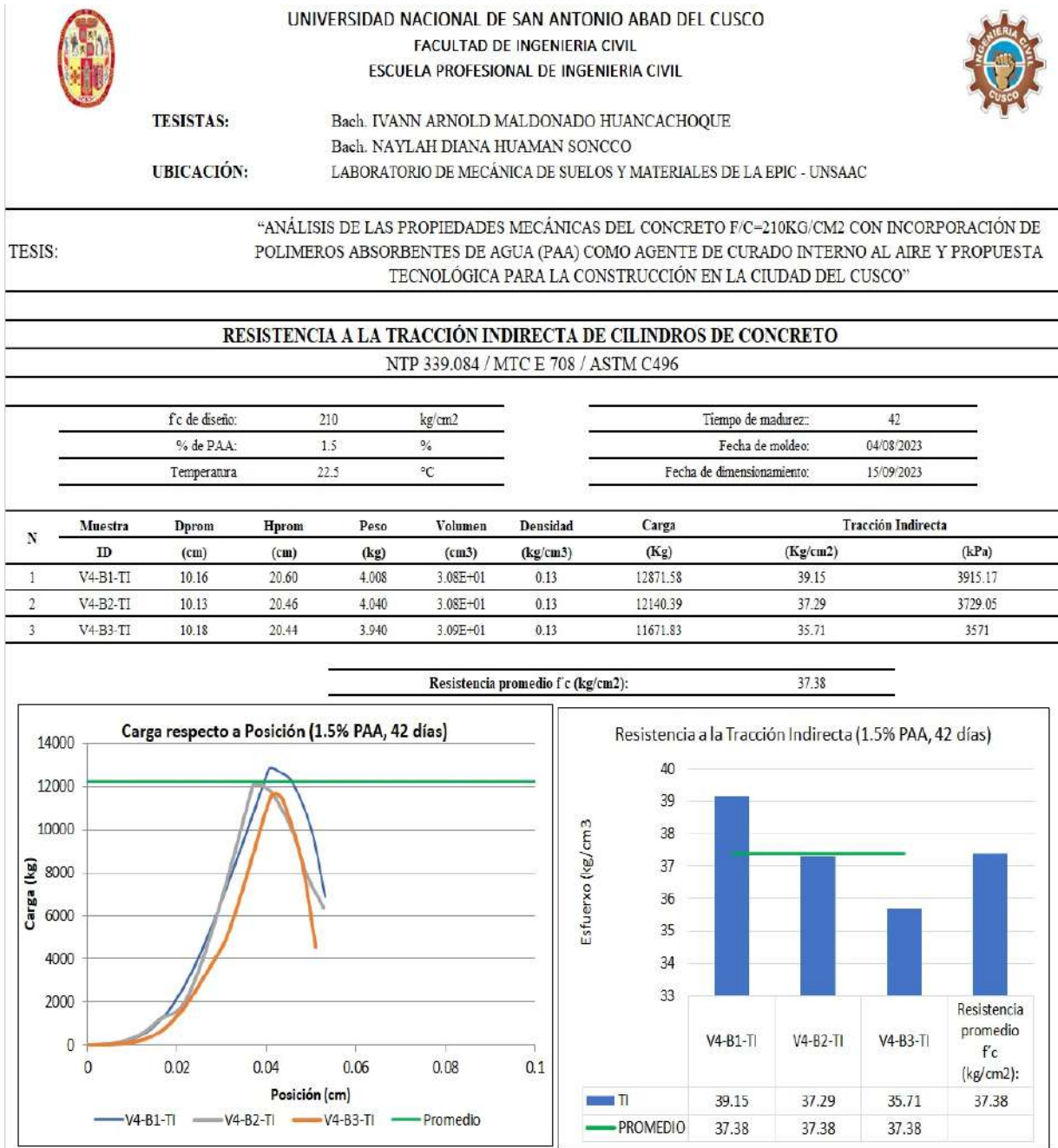


Figura 80

Resistencia a la tracción indirecta del concreto (1.5%, 42 días)



ANEXO E3: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 2.5% PAA)

Figura 81

Resistencia a la tracción indirecta del concreto (2.5%, 28 días)

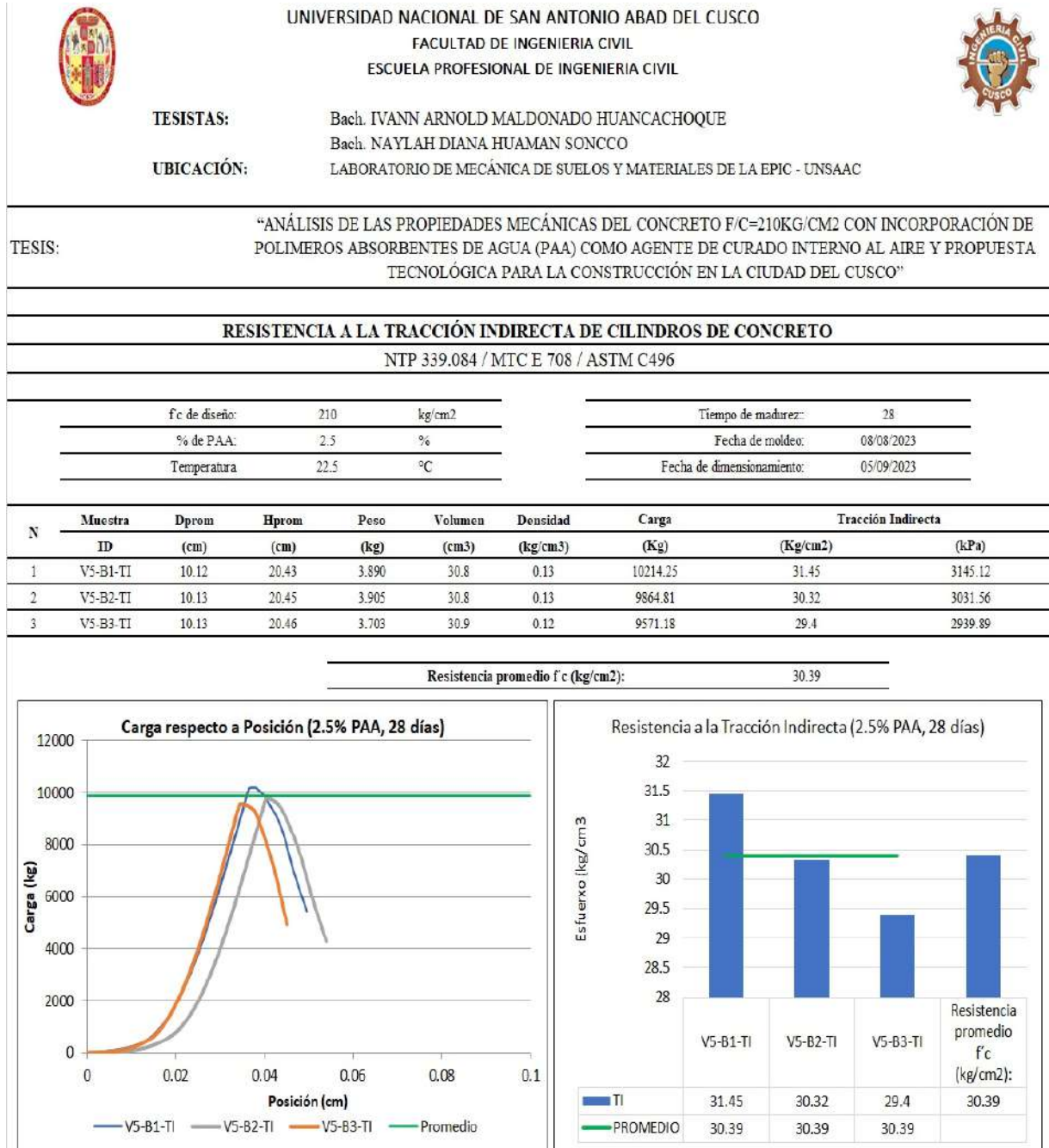
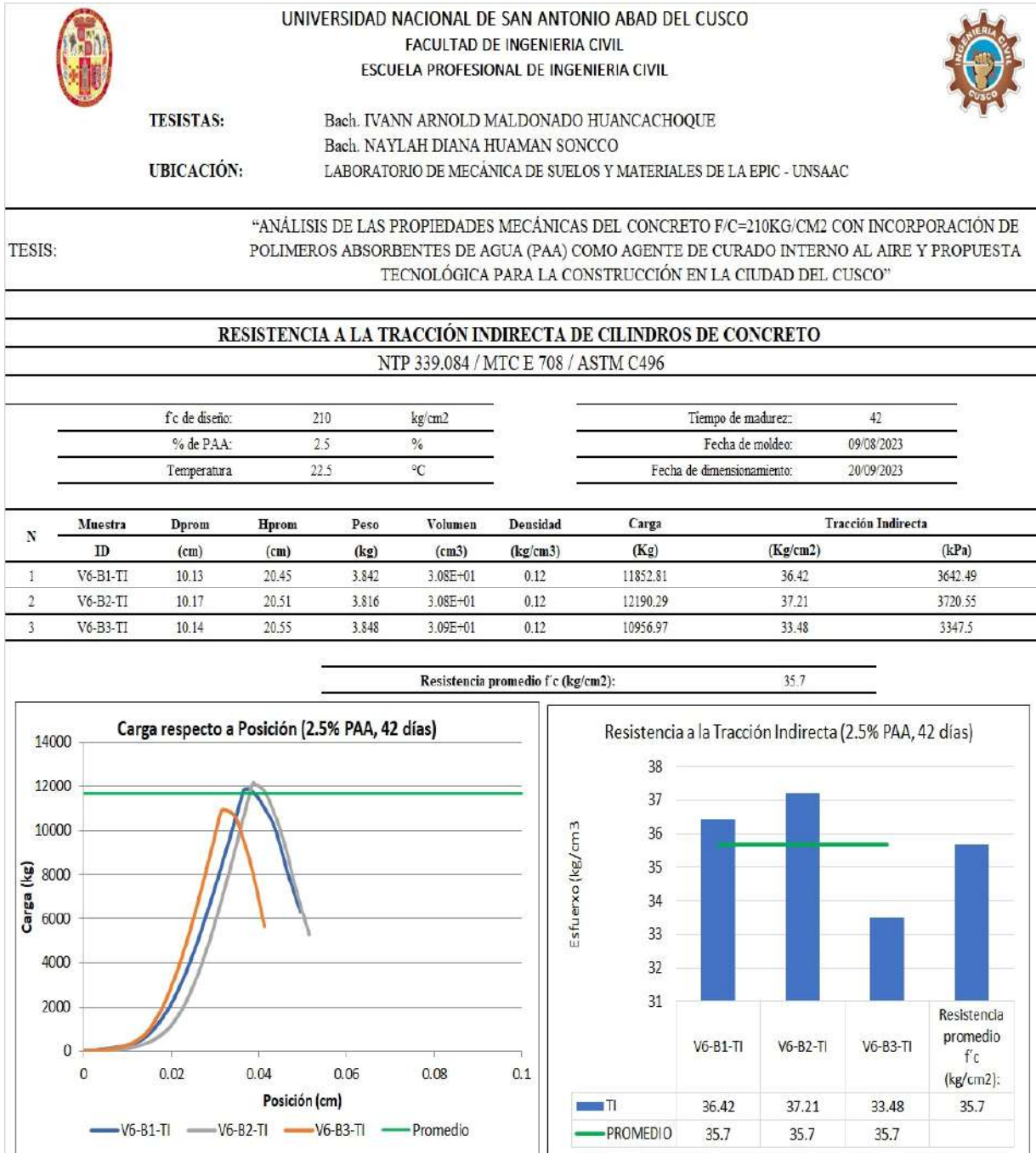


Figura 82

Resistencia a la tracción indirecta del concreto (2.5%, 42 días)



ANEXO E4: RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (DMCP + 3.5% PAA)

Figura 83

Resistencia a la tracción indirecta del concreto (3.5%, 28 días)

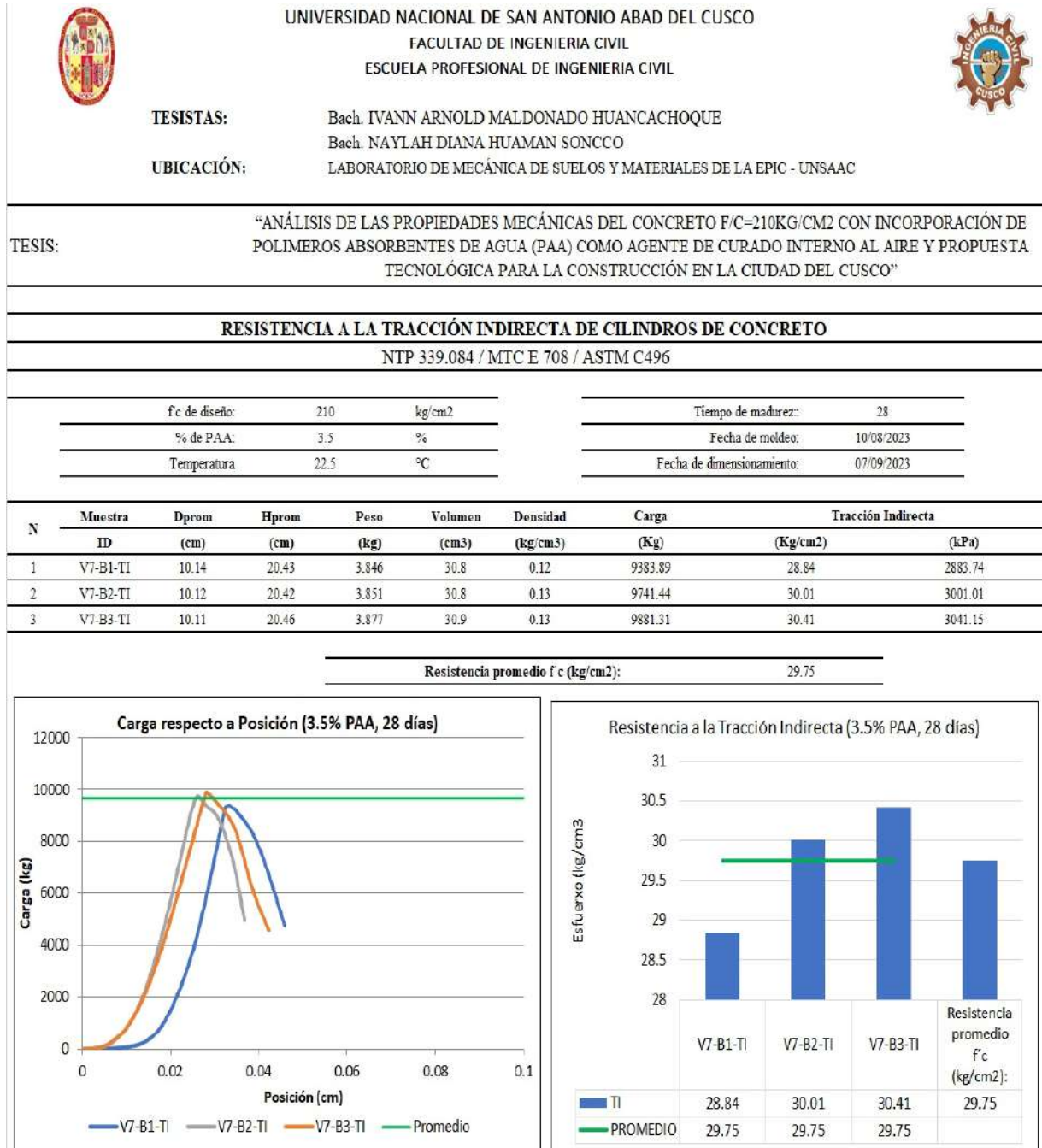
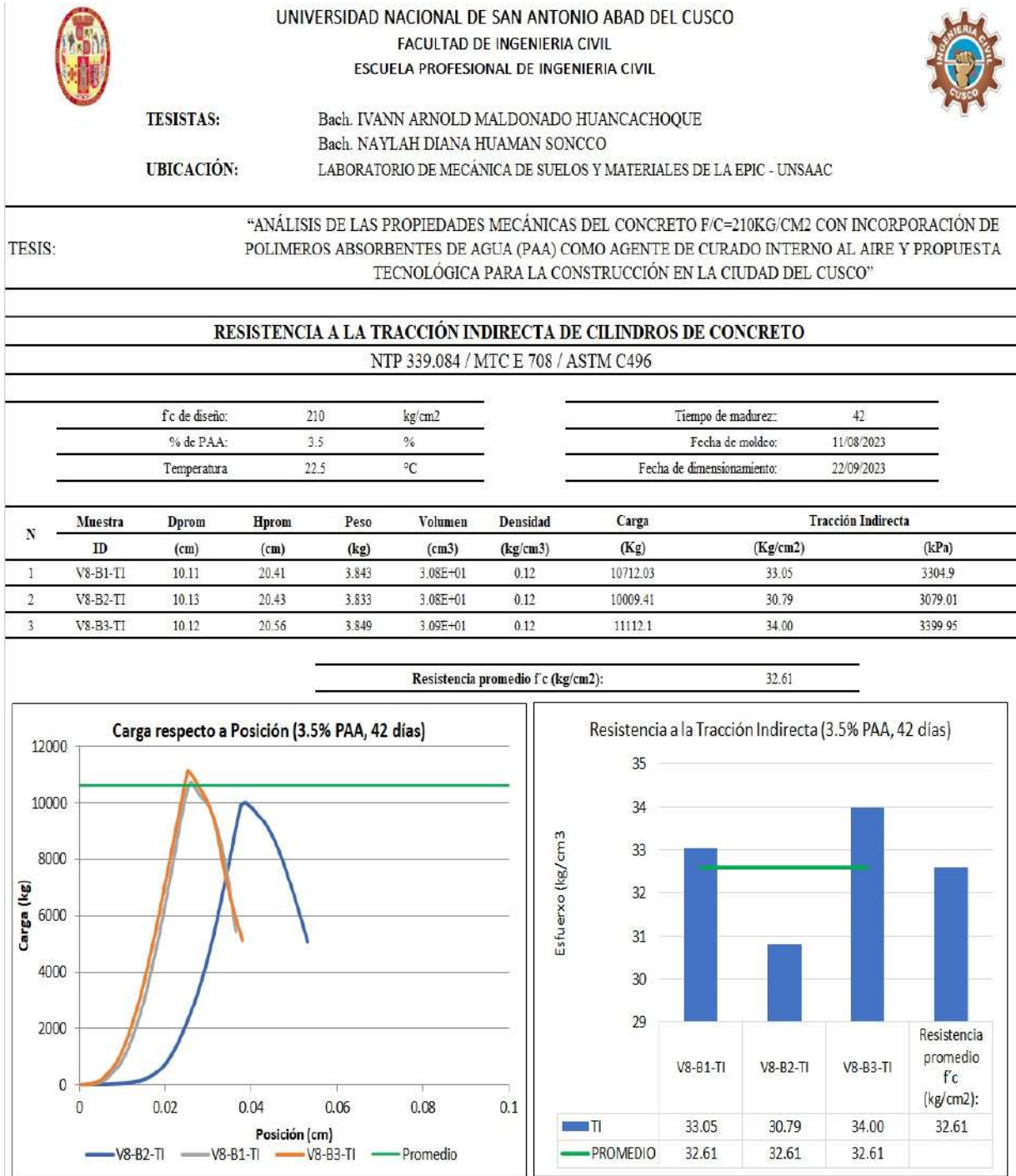


Figura 84

Resistencia a la tracción indirecta del concreto (3.5%, 42 días)



ANEXO F. CAMBIO VOLUMÉTRICO

ANEXO F1: REGISTRO DE MEDICIONES DE DIMENSIONES DIARIAS

CAMBIO VOLUMETRIC DE CONCRETO C/PAA

Periodo de evaluación 28 días	0% PAA 42 días	DIMENSIONES INICIALES				MEDICIONES DIARIAS EN CADA EJEMPLO DE LA MUESTRA Agosto 2023																				
		MUESTRA (Cubo)		Promedio		mm		Volumen																		
		Longitud en el Eje		cm		mm		mm ³		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Del 03.08.23 al 30.08.23 0%	0%	D1	15.19	15.18	15.21	15.26	X:	152.10	-	152.10	153.34	152.77	153.19	153.18	153.19	153.20	153.13	153.11	153.16	153.17	153.12	153.13	153.14	153.14		
			15.20	15.23	15.18	15.11	Y:	151.55	3.55E+06	151.55	150.08	150.40	149.68	149.72	149.70	149.71	149.68	149.68	149.92	149.91	149.80	149.92	149.91	149.80	149.81	
			15.41	15.42	15.38	15.39	Z:	154.00	-	154.00	154.26	154.44	154.48	154.49	154.47	154.46	154.45	154.45	154.43	154.43	154.41	154.43	154.41	154.77	154.84	154.69
		15.12	15.13	15.04	15.11	X:	151.00	-	151.00	150.25	150.81	150.75	150.64	150.67	150.71	150.49	150.72	150.66	150.65	150.56	150.65	150.56	150.54	150.53	150.42	
		15.04	15.13	15.09	15.00	Y:	150.65	3.51E+06	150.65	149.60	149.46	149.37	149.56	149.48	149.47	149.55	149.33	149.54	149.44	149.45	149.45	149.45	149.45	149.45	149.52	
		15.52	15.30	15.43	15.45	Z:	154.25	-	154.25	154.02	154.15	154.20	154.21	154.20	154.21	154.20	154.21	154.18	154.21	154.18	154.18	154.16	154.18	154.27	154.32	154.40
		15.26	15.26	15.15	15.15	X:	152.05	-	152.05	151.78	151.78	151.67	151.73	151.81	151.75	151.79	151.65	151.75	151.65	151.92	151.62	151.65	151.65	151.65	151.66	
		15.45	15.31	15.31	15.30	Y:	153.43	3.52E+06	153.43	153.49	153.08	153.24	153.22	153.25	153.30	152.98	153.05	153.18	153.25	153.21	153.17	153.15	153.15	153.15	153.15	
		15.08	15.12	15.00	15.11	Z:	150.78	-	150.78	150.93	151.13	151.10	151.11	151.11	151.13	151.41	151.09	151.06	151.06	151.06	151.07	151.14	151.17	151.17	151.29	
		15.26	15.42	15.51	15.28	X:	153.68	3.62E+06	153.68	153.44	153.42	153.37	153.45	153.45	153.45	153.46	153.43	153.49	153.35	153.41	153.43	153.45	153.45	153.45		
		15.54	15.48	15.51	15.51	Y:	153.10	-	153.10	155.10	155.20	154.73	155.43	154.65	154.64	154.63	154.76	154.70	154.94	154.79	154.73	154.84	154.73	154.84	154.84	
15.21	15.16	15.18	15.19	Z:	151.85	-	151.85	151.96	152.13	152.14	152.12	152.10	152.09	152.10	152.13	152.06	152.06	152.06	152.07	152.13	152.06	152.07	152.25			
15.00	15.07	15.33	15.21	X:	151.53	-	151.53	151.38	151.32	151.26	151.30	151.29	151.27	151.05	151.20	151.20	151.20	151.23	151.21	151.20	151.23	151.21	151.20			
15.41	15.45	15.40	15.41	Y:	154.18	3.54E+06	154.18	153.97	153.93	153.68	153.62	153.66	153.76	154.19	153.79	153.63	153.60	153.75	153.73	153.73	153.73	153.73	153.73			
15.15	15.21	15.21	15.10	Z:	151.68	-	151.68	151.83	152.09	152.06	152.06	152.06	152.06	152.08	151.99	151.98	152.00	152.02	152.02	152.02	152.02	152.02	152.06			
15.23	15.29	15.12	15.20	X:	152.10	-	152.10	152.11	152.14	152.26	152.09	152.17	152.26	152.21	152.02	152.25	152.21	152.02	152.25	152.21	152.14	152.14	152.12			
15.13	15.15	15.15	15.21	Y:	151.60	3.55E+06	151.60	151.47	151.23	151.02	151.32	151.23	150.90	151.10	150.91	150.91	150.90	151.10	150.91	150.90	150.91	150.90	150.95			
15.44	15.33	15.40	15.49	Z:	154.15	-	154.15	154.27	154.63	154.45	154.47	154.45	154.44	154.47	154.44	154.44	154.44	154.41	154.47	154.44	154.44	154.47	154.54			
15.49	15.51	15.49	15.50	X:	154.98	3.57E+06	154.98	154.51	154.59	154.50	154.53	155.00	154.87	154.88	154.44	154.44	154.44	154.47	154.47	154.47	154.47	154.79	154.3			
15.23	15.17	15.14	15.12	Y:	151.65	-	151.65	151.79	151.54	151.54	151.86	151.84	151.85	151.71	151.89	151.85	151.84	151.85	151.71	151.89	151.85	151.71	151.89			
15.13	15.21	15.28	15.18	Z:	152.00	-	152.00	152.26	152.28	152.18	152.18	152.20	152.14	152.15	152.13	152.16	152.14	152.16	152.14	152.16	152.16	152.16	152.14			
15.28	15.35	15.48	15.25	X:	153.40	-	153.40	153.26	153.17	153.26	153.17	153.26	153.17	153.26	153.17	153.26	153.17	153.26	153.17	153.26	153.17	153.19	153.19			
15.21	15.21	15.21	15.21	Y:	152.10	3.61E+06	152.10	151.93	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.21	152.07			
15.48	15.41	15.49	15.53	Z:	154.78	-	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78	154.78			
15.23	15.32	15.43	15.35	X:	153.33	3.57E+06	153.33	153.32	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.28	153.23			
15.09	15.13	15.09	15.20	Y:	151.28	-	151.28	150.73	150.82	151.19	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.83	150.64			
15.45	15.30	15.38	15.46	Z:	153.98	-	153.98	153.82	153.71	153.67	153.68	153.68	153.72	153.72	153.72	153.72	153.72	153.72	153.72	153.72	153.72	153.72	153.7			
15.24	15.25	15.18	15.22	X:	152.23	-	152.23	152.15	152.13	152.14	152.13	152.14	152.13	152.14	152.13	152.14	152.13	152.14	152.13	152.14	152.13	152.27	152.27			
15.53	15.48	15.41	15.45	Y:	154.68	3.57E+06	154.68	154.62	154.57	154.53	154.45	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25	154.25			
15.20	15.18	15.17	15.15	Z:	151.75	-	151.75	151.77	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.75	151.74			
15.28	15.31	15.11	15.25	X:	152.38	-	152.38	152.34	152.38	152.42	152.38	152.42	152.38	152.42	152.38	152.42	152.38	152.42	152.38	152.42	152.38	152.28	152.28			
15.23	15.31	15.21	15.24	Y:	152.48	3.61E+06	152.48	152.60	152.55	152.52	152.55	152.52	152.55	152.52	152.55	152.52	152.55	152.52	152.55	152.52	152.55	152.58	152.58			
15.40	15.61	15.55	15.58	Z:	155.35	-	155.35	155.28	155.27	155.28	155.27	155.28	155.27	155.28	155.27	155.28	155.27	155.28	155.27	155.28	155.27	155.29	155.29			
15.23	15.26	15.41	15.34	X:	153.10	3.57E+06	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.10	153.17			
15.40	15.45	15.37	15.40	Y:	154.05	-	154.05	153.96	153.99	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.07	154.12	154.12			
15.17	15.13	15.16	15.09	Z:	151.38	-	151.38	151.30	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.28	151.23			

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PAA

Periodo de evaluación 28 días	0% PAA 42 días	DIMENSIONES INICIALES					MEDICIONES DIARIAS EN CADA EJE DE LA MUESTRA															
		MUESTRA (Cubo)					Agosto 2023															
		Longitud en el Eje cm	Promedio mm	Volumen mm ³																		
D1	0%	15.19	15.18	15.21	15.26	X: 152.10	153.11	152.88	152.81	153.13	153.00	152.84	153.09	153.08	153.05	152.91	152.94	152.98	153.01	153.00	152.99	
		15.10	15.23	15.18	15.11	Y: 151.55	149.80	150.04	149.94	149.75	149.75	149.75	149.85	149.74	149.68	149.75	149.73	149.69	149.66	149.83	149.79	
		15.41	15.42	15.38	15.39	Z: 154.00	154.74	154.52	154.49	154.54	154.52	154.50	154.52	154.62	154.62	154.61	154.61	154.62	154.68	154.67		
		15.12	15.13	15.04	15.11	X: 151.00	150.54	150.41	150.49	150.48	150.49	150.50	150.52	150.55	150.55	150.37	150.42	150.47	150.48	150.32	150.34	
		15.04	15.13	15.09	15.00	Y: 150.65	149.35	149.37	149.36	149.34	149.38	149.40	149.43	149.49	149.36	149.35	149.34	149.36	149.36	149.49	149.45	
		15.52	15.30	15.43	15.45	Z: 154.25	154.48	154.20	154.27	154.24	154.26	154.27	154.30	154.35	154.36	154.39	154.4	154.39	154.38	154.39	154.40	
		15.26	15.26	15.15	15.15	X: 152.05	151.58	151.60	151.62	151.72	151.67	151.61	151.52	151.60	151.37	151.51	151.56	151.62	151.71	151.65	151.63	
		15.45	15.31	15.31	15.30	Y: 153.43	153.20	153.08	153.05	153.18	153.15	13.11	153.12	153.12	153.06	153.21	153.17	153.16	153.15	153.17	153.16	
		15.08	15.12	15.00	15.11	Z: 150.78	151.41	151.09	151.14	151.14	151.15	151.16	151.21	151.27	151.26	151.28	151.29	151.28	151.28	151.31	151.31	
		15.26	15.42	15.51	15.28	X: 153.68	153.48	153.49	153.45	153.45	153.37	153.41	153.37	153.17	153.25	153.28	153.23	153.28	153.28	153.27	153.27	
15.54	15.48	15.51	15.51	Y: 155.10	154.89	154.77	154.64	154.69	154.69	154.73	154.75	154.77	155.07	154.92	154.82	154.64	154.68	154.71	154.73			
15.21	15.16	15.38	15.19	Z: 151.85	152.28	152.33	152.29	152.10	152.16	152.17	152.20	152.24	152.22	152.24	152.29	152.34	152.30	152.31	152.29			
D2	1.5%	15.00	15.07	15.33	15.21	X: 151.53	151.16	151.17	151.24	151.14	151.18	151.16	151.14	151.10	151.12	151.15	151.07	151.19	151.17	151.14	151.11	
		15.41	15.45	15.40	15.41	Y: 154.18	153.67	153.79	153.70	153.67	153.70	153.92	153.90	153.61	153.55	153.52	153.62	153.65	153.63	153.62	153.59	
		15.15	15.21	15.21	15.10	Z: 151.68	152.12	152.21	152.30	152.02	152.07	152.13	152.11	152.10	152.06	152.20	152.2	152.20	152.22	152.23	152.24	
		15.23	15.29	15.12	15.20	X: 152.10	152.08	152.17	152.10	152.08	152.07	151.95	151.93	151.90	152.01	151.94	152.02	152.00	151.99	152.01	152.01	
		15.13	15.15	15.15	15.21	Y: 151.60	150.98	150.94	150.86	150.86	150.85	150.87	150.93	150.98	151.08	151.16	150.85	150.95	150.92	150.88	150.84	
		15.44	15.33	15.40	15.49	Z: 154.15	154.65	154.57	154.74	154.47	154.54	154.51	154.55	154.58	154.59	154.63	154.66	154.67	154.65	154.65	154.64	
		15.49	15.51	15.49	15.50	X: 154.98	154.77	154.91	154.87	154.84	154.80	154.57	154.49	154.81	154.66	154.76	154.76	154.78	154.78	154.66	154.75	154.76
		15.23	15.17	15.14	15.12	Y: 151.65	151.57	151.54	151.52	151.52	151.52	151.69	151.66	151.49	151.52	151.46	151.47	151.49	151.46	151.67	151.46	151.46
		15.13	15.21	15.28	15.18	Z: 152.00	152.24	152.12	152.11	152.19	152.37	152.36	152.48	152.15	152.21	152.20	152.2	152.20	152.27	152.29	152.30	
		15.28	15.35	15.48	15.25	X: 153.40	153.2	153.17	153.15	153.14	153.12	153.19	153.10	153.10	153.09	153.07	153.05	153.04	153.09	152.96	153.11	
15.21	15.21	15.21	15.21	Y: 152.10	152.05	152.03	152.02	151.99	152.00	152.08	152.00	152.00	152.00	151.96	152.10	152.08	152.04	151.99	152.40	152.34		
15.48	15.41	15.49	15.53	Z: 154.78	154.74	154.72	154.76	154.84	154.91	154.94	155.04	154.73	154.82	154.83	154.83	154.83	154.83	154.83	154.96	154.96		
D3	2.5%	15.23	15.32	15.43	15.35	X: 153.33	153.4	153.20	153.19	153.15	153.11	153.16	153.13	153.12	153.13	153.1	153.08	153.10	153.12	153.10	153.10	
		15.09	15.13	15.09	15.20	Y: 151.28	150.77	150.88	150.96	150.82	150.71	150.83	150.72	150.88	150.88	150.70	150.69	150.69	150.85	151.02	150.60	
		15.45	15.30	15.38	15.46	Z: 153.98	153.64	153.65	153.65	153.84	154.63	153.85	153.96	153.65	153.75	153.77	153.77	153.74	153.83	153.87		
		15.24	15.25	15.18	15.22	X: 152.23	152.29	152.24	152.40	152.32	152.18	152.20	152.20	152.18	152.15	152.02	152.05	152.11	152.14	152.28	152.08	
		15.53	15.48	15.41	15.45	Y: 154.68	154.37	154.44	154.48	154.40	154.34	154.37	154.29	154.28	154.28	154.42	154.39	153.36	154.27	154.50	154.33	
		15.20	15.18	15.17	15.15	Z: 151.75	151.71	151.70	151.70	151.72	151.98	151.91	151.81	151.72	151.78	151.79	151.79	151.79	151.79	151.88	151.91	
		15.28	15.31	15.11	15.25	X: 152.38	152.29	152.24	151.97	152.07	152.18	152.20	152.25	152.15	152.29	152.36	152.27	152.15	152.18	152.25	152.29	
		15.23	15.31	15.21	15.24	Y: 152.48	152.57	152.57	152.69	152.70	152.72	152.61	152.57	152.47	152.49	152.62	152.49	152.48	152.50	152.79	152.53	
		15.40	15.61	15.55	15.58	Z: 155.35	155.21	155.24	155.25	155.32	155.47	155.50	155.75	155.77	155.41	155.32	155.33	155.34	155.39	155.41	155.41	
		15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10	153.19	153.15	153.24	153.17	153.12	153.11	153.14	153.10	153.08	153.17	153.07	152.94	152.93	152.88	152.86	
15.40	15.45	15.37	15.40	Y: 154.05	153.99	153.97	153.98	153.95	153.91	154.01	153.98	153.99	153.94	154.02	154.05	154.00	154.01	154.02	154.03			
15.17	15.13	15.16	15.08	Z: 151.38	151.21	151.23	151.24	151.30	151.41	151.45	151.73	151.76	151.33	151.33	151.37	151.39	151.38	151.44	151.43			

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PAA

Periodo de evaluación 28 días	0% PAA	MUESTRA (Cubo)	DIMENSIONES INICIALES			Promedio mm	Volumen mm ³	MEDICIONES DIARIAS EN CADA EJE DE LA MUESTRA Septiembre 2023										
			Longitud en el eje					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			cm	cm	cm													
Del 03.08.23 al 30.09.23 13.09.23	0%	D1	15.19	15.18	15.21	15.26	X: 152.10	152.96	152.99	152.98	152.99	152.98	152.95	152.93	152.94	152.95	152.94	152.96
			15.10	15.23	15.18	15.11	Y: 151.55	149.76	149.73	149.70	149.67	149.66	149.68	149.67	149.68	149.67	149.68	149.72
			15.41	15.42	15.38	15.39	Z: 154.00	154.70	154.69	154.68	154.68	154.66	154.66	154.67	154.66	154.67	154.66	154.67
		15.12	15.13	15.04	15.11	X: 151.00	150.35	150.34	150.34	150.36	154.41	150.43	150.41	150.40	150.39	150.38	150.39	
		15.04	15.13	15.09	15.00	Y: 150.65	149.43	149.44	149.43	149.46	149.44	149.44	149.32	149.39	149.38	149.37	149.39	
		15.52	15.30	15.43	15.45	Z: 154.25	154.40	154.39	154.40	154.41	154.42	154.41	154.38	154.38	154.39	154.38	154.40	
		15.26	15.26	15.15	15.15	X: 152.05	151.61	151.53	151.52	151.50	151.46	151.56	151.52	151.54	151.56	151.57	151.59	
		15.45	15.31	15.31	15.30	Y: 153.43	153.15	153.17	153.16	153.16	153.15	153.08	153.13	153.11	153.08	153.07	153.06	
		15.08	15.12	15.00	15.11	Z: 150.78	151.32	151.30	151.32	151.31	151.30	151.31	151.30	151.30	151.29	151.29	151.31	
		15.26	15.42	15.51	15.28	X: 153.68	153.21	153.24	153.26	153.26	153.24	153.27	153.28	153.25	153.16	153.18	153.15	
		15.54	15.48	15.51	15.51	Y: 155.10	154.74	154.75	154.72	154.69	154.67	154.62	154.61	154.62	154.8	154.81	154.78	
		15.21	15.16	15.18	15.19	Z: 151.85	152.30	152.29	152.31	152.31	152.33	152.30	152.31	152.33	152.32	152.3	152.31	
Del 05.08.23 al 15.09.23 01.09.23	1.5%	D1	15.00	15.07	15.33	15.21	X: 151.53	151.10	151.09	151.08	151.06	151.05	151.05	150.92	151.07	151.01	150.94	
			15.41	15.45	15.40	15.41	Y: 154.18	153.58	153.60	153.62	153.61	153.60	153.62	153.60	153.65	153.54	153.61	
			15.15	15.21	15.21	15.10	Z: 151.68	152.22	152.23	152.24	152.25	152.24	152.22	152.22	152.22	152.24	152.25	
		15.23	15.29	15.12	15.20	X: 152.10	151.99	152.00	151.98	151.95	151.97	151.96	151.94	151.95	151.98	151.98	151.92	
		15.13	15.15	15.15	15.21	Y: 151.60	150.86	150.86	150.85	150.88	150.88	150.89	150.89	150.84	150.83	150.88	150.96	
		15.44	15.33	15.40	15.49	Z: 154.15	154.67	154.66	154.68	154.70	154.69	154.69	154.70	150.69	154.71	154.7	154.67	
		15.49	15.51	15.49	15.50	X: 154.98	154.55	154.57	154.58	154.60	154.55	154.56	154.57	154.59	154.57	154.58	154.58	
		15.23	15.17	15.14	15.12	Y: 151.65	151.51	151.50	151.48	151.48	151.56	151.54	151.50	151.52	151.51	151.48	151.47	
		15.13	15.21	15.28	15.18	Z: 152.00	152.33	152.33	152.32	152.32	152.33	152.35	152.34	152.33	152.33	152.34	152.35	
		15.28	15.35	15.48	15.25	X: 153.40	153.04	153.04	153.06	153.05	153.01	153.03	153.05	153.05	153.02	153.01	152.99	
		15.21	15.21	15.21	15.21	Y: 152.10	152.04	152.02	151.99	151.97	151.96	151.95	151.94	151.92	151.91	151.94	151.94	
		15.48	15.41	15.49	15.53	Z: 154.78	154.98	154.96	154.95	154.95	154.96	154.98	154.99	155.01	155.03	155.01	154.99	
Del 10.08.23 al 20.09.23 06.09.23	2.5%	D1	15.23	15.32	15.43	15.35	X: 153.33	153.12	153.12	153.11	153.11	153.10	153.06	153.05	153.03	153.04	153.02	
			15.09	15.13	15.09	15.20	Y: 151.28	150.67	150.74	150.73	150.76	150.67	150.7	150.69	150.7	150.67	150.66	
			15.45	15.30	15.38	15.46	Z: 153.98	153.86	153.88	153.87	153.86	153.87	153.88	153.9	153.89	153.91	153.92	
		15.24	15.25	15.18	15.22	X: 152.23	151.98	152.01	152.05	152.11	152.10	152.10	152.11	152.09	152.1	152.08	152.07	
		15.53	15.48	15.41	15.45	Y: 154.68	154.33	154.28	154.26	154.24	154.26	154.28	154.29	154.27	154.24	154.23	154.22	
		15.20	15.18	15.17	15.15	Z: 151.75	151.91	151.89	151.95	152.00	151.88	151.90	151.92	151.92	151.93	151.94	151.94	
		15.28	15.31	15.11	15.25	X: 152.38	152.14	152.13	152.11	152.12	152.14	152.16	152.18	152.15	152.1	152.07	152.02	
		15.23	15.31	15.21	15.24	Y: 152.48	152.50	152.48	152.47	152.45	152.46	152.49	152.51	152.50	152.52	152.53	152.53	
		15.40	15.61	15.55	15.58	Z: 155.35	155.45	155.45	155.43	155.44	155.44	155.44	155.44	155.45	155.46	155.45	155.47	
		15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10	153.12	153.09	153.07	153.06	153.04	153.04	153.05	153.03	153.02	153.03	153.02	
		15.40	15.45	15.37	15.40	Y: 154.05	154.04	154.00	153.96	153.92	153.91	153.90	153.88	153.90	153.91	153.9	153.89	
		15.17	15.13	15.16	15.09	Z: 151.38	151.46	151.47	151.45	151.44	151.43	151.45	151.45	151.46	151.47	151.47	151.48	

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PAA

Periodo de evaluación	0% PAA	DIMENSIONES INICIALES				Promedio mm	Volumen mm ³	MEDICIONES DIARIAS EN CADA EJE DE LA MUESTRA																	
		MUESTRA (Cubo)						Septiembre 2023																	
		Longitud en el Eje cm						12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22							
28 días Del 03.08.23 al 30.08.23	0%	D1	15.19	15.18	15.21	15.26	X: 152.10 Y: 151.55 Z: 154.00	152.96	152.96																
		D2	15.12	15.13	15.04	15.11	X: 151.00 Y: 150.65 Z: 154.25	150.36	150.35																
		D3	15.26	15.26	15.15	15.15	X: 152.05 Y: 153.43 Z: 150.78	151.61	151.62																
42 días Del 03.08.23 al 13.09.23	0%	D1	15.45	15.31	15.31	15.30	X: 153.68 Y: 155.10 Z: 151.85	153.05	153.04																
		D2	15.08	15.12	15.00	15.11	X: 153.68 Y: 155.10 Z: 151.85	151.30	151.31																
		D3	15.26	15.42	15.51	15.28	X: 153.68 Y: 155.10 Z: 151.85	153.16	153.21	153.2	153.20														
Del 05.08.23 al 01.09.23	1.5%	D1	15.41	15.45	15.40	15.41	X: 151.53 Y: 154.18 Z: 151.68	154.77	154.75	154.76	154.76														
		D2	15.15	15.21	15.21	15.10	X: 152.10 Y: 151.60 Z: 154.15	152.22	152.21	152.22	152.22														
		D3	15.23	15.29	15.12	15.20	X: 152.10 Y: 151.60 Z: 154.15	151.96	151.95	151.94	151.95														
Del 10.08.23 al 06.09.23	2.5%	D1	15.43	15.15	15.15	15.21	X: 151.60 Y: 151.45 Z: 154.67	150.94	150.91	150.99	150.98														
		D2	15.44	15.33	15.40	15.49	X: 154.98 Y: 151.65 Z: 152.00	154.68	154.69	154.67	154.67														
		D3	15.49	15.51	15.49	15.50	X: 152.10 Y: 151.60 Z: 154.78	154.68	154.70	154.67	154.65	154.64	154.62	154.63	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62	154.62
Del 10.08.23 al 20.09.23	2.5%	D1	15.23	15.17	15.14	15.12	X: 152.10 Y: 151.60 Z: 154.78	151.46	151.45	151.47	151.48														
		D2	15.13	15.21	15.28	15.18	X: 152.10 Y: 151.60 Z: 154.78	152.43	152.40	152.41	152.42														
		D3	15.28	15.35	15.48	15.25	X: 153.40 Y: 152.10 Z: 154.78	152.96	152.98	152.97	153.09	153.09	153.08	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	153.07	
Del 12.08.23 al 08.09.23	3.5%	D1	15.21	15.21	15.21	15.21	X: 152.10 Y: 151.60 Z: 154.78	152.02	151.99	152.03	152.00														
		D2	15.48	15.41	15.49	15.53	X: 154.78 Y: 151.60 Z: 154.78	154.98	155.00	155.01	154.99	154.98	155.00	154.99	154.99	155.00	154.99	155.00	154.98	155.00	154.99	155.00	154.98	155.00	
		D3	15.23	15.32	15.43	15.35	X: 153.33 Y: 151.28 Z: 153.98	153.03	153.02	153.04	153.02	153.03	153.03	153	153.02	153.02	153.04	153.02	153.04	153.02	153.04	153.02	153.04	153.02	
Del 12.08.23 al 22.09.23	3.5%	D1	15.09	15.13	15.09	15.20	X: 151.28 Y: 154.68 Z: 155.35	150.70	150.67	150.73	150.69														
		D2	15.45	15.30	15.38	15.46	X: 153.98 Y: 152.23 Z: 155.35	153.91	153.88	153.90	153.89	153.87	153.88	153.88	153.88	153.89	153.89	153.88	153.89	153.87	153.88	153.88	153.89	153.9	
		D3	15.24	15.25	15.18	15.22	X: 152.23 Y: 154.68 Z: 155.35	152.08	151.99	152.01	152.03	152.04	152.06	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	152.07	
Del 12.08.23 al 08.09.23	3.5%	D1	15.53	15.48	15.41	15.45	X: 154.68 Y: 151.60 Z: 154.78	154.22	154.27	154.24	154.26														
		D2	15.20	15.18	15.17	15.15	X: 151.94 Y: 151.60 Z: 154.78	151.94	151.98	151.97	151.96	151.96	151.96	151.94	151.94	151.94	151.92	151.94	151.91	151.92	151.94	151.91	151.92	151.93	
		D3	15.28	15.31	15.11	15.25	X: 152.38 Y: 152.48 Z: 155.35	152.09	152.06	152.05	152.06	152.06	152.04	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	152.05	
Del 12.08.23 al 08.09.23	3.5%	D1	15.23	15.31	15.21	15.24	X: 152.48 Y: 154.68 Z: 155.35	152.46	152.50	152.47	152.50														
		D2	15.40	15.61	15.55	15.58	X: 155.35 Y: 154.68 Z: 155.35	155.47	155.47	155.46	155.46	155.47	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.46	155.47	
		D3	15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10 Y: 154.05 Z: 151.38	153.02	152.84	152.83	152.82	152.82	152.79	152.8	152.81	152.8	152.81	152.8	152.81	152.8	152.81	152.8	152.81	152.79	
Del 12.08.23 al 08.09.23	3.5%	D1	15.40	15.45	15.37	15.40	X: 154.05 Y: 154.05 Z: 151.38	153.90	153.98	154.00	154.02														
		D2	15.17	15.13	15.16	15.09	X: 151.38 Y: 154.05 Z: 151.38	151.48	151.53	151.52	151.50	151.49	151.50	151.49	151.50	151.49	151.50	151.49	151.50	151.49	151.50	151.49	151.50	151.47	
		D3	15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10 Y: 154.05 Z: 151.38	153.02	152.84	152.83	152.82	152.82	152.79	152.8	152.81	152.8	152.81	152.8	152.81	152.8	152.81	152.8	152.81	152.79	

ANEXO F2: REGISTRO DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DIARIA

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PA

Período de evaluación	0% PAA	MUESTRA (Cubo)	DIMENSIONES INICIALES			Promedio	Volumen	VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DIARIA RESPECTO A LAS DIMENSIONES INICIALES																	
			Longitud en el Eje					mm	mm ³	Agosto 2023															
			cm	cm	cm					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
De 03.08.23 al 30.08.23	0%	D1	X: 15.19	Y: 15.18	Z: 15.21	X: 15.26	Y: 15.15	Z: 15.10	-	0.00%	0.01%	-0.04%	-0.22%	-0.19%	-0.21%	-0.20%	-0.27%	-0.11%	-0.11%	-0.23%	-0.01%	0.02%	-0.03%		
			X: 15.41	Y: 15.42	Z: 15.38	X: 15.39	Y: 15.00	Z: 15.40	-	0.00%	-1.34%	-0.98%	-1.05%	-0.99%	-1.03%	-1.00%	-1.11%	-1.09%	-1.02%	-1.13%	-1.09%	-1.06%	-1.04%		
			X: 15.12	Y: 15.04	Z: 15.11	X: 15.00	Y: 15.05	Z: 15.25	-	0.00%	0.03%	-0.17%	-0.10%	-0.16%	-0.10%	0.00%	-0.07%	-0.21%	-0.23%	-0.01%	-0.23%	-0.19%	-0.15%	-0.10%	
De 05.08.23 al 01.09.23	1.5%	D1	X: 15.26	Y: 15.42	Z: 15.51	X: 15.28	Y: 15.51	Z: 15.68	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			X: 15.54	Y: 15.48	Z: 15.51	X: 15.51	Y: 15.10	Z: 15.85	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.00	Y: 15.07	Z: 15.33	X: 15.21	Y: 15.41	Z: 15.53	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 05.08.23 al 15.09.23	1.5%	D2	X: 15.41	Y: 15.45	Z: 15.40	X: 15.41	Y: 15.18	Z: 15.45	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.15	Y: 15.21	Z: 15.21	X: 15.10	Y: 15.68	Z: 15.18	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.23	Y: 15.29	Z: 15.12	X: 15.20	Y: 15.60	Z: 15.10	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 10.08.23 al 06.09.23	2.5%	D1	X: 15.13	Y: 15.15	Z: 15.21	X: 15.21	Y: 15.65	Z: 15.15	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.44	Y: 15.33	Z: 15.40	X: 15.49	Y: 15.15	Z: 15.15	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.28	Y: 15.35	Z: 15.48	X: 15.25	Y: 15.33	Z: 15.40	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 10.08.23 al 06.09.23	2.5%	D2	X: 15.21	Y: 15.21	Z: 15.21	X: 15.21	Y: 15.20	Z: 15.18	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.48	Y: 15.41	Z: 15.49	X: 15.53	Y: 15.28	Z: 15.47	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.23	Y: 15.32	Z: 15.43	X: 15.35	Y: 15.28	Z: 15.33	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 12.08.23 al 06.09.23	3.5%	D3	X: 15.09	Y: 15.13	Z: 15.09	X: 15.20	Y: 15.28	Z: 15.38	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.45	Y: 15.30	Z: 15.38	X: 15.46	Y: 15.38	Z: 15.38	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.24	Y: 15.25	Z: 15.18	X: 15.22	Y: 15.48	Z: 15.23	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 12.08.23 al 06.09.23	3.5%	D1	X: 15.53	Y: 15.48	Z: 15.41	X: 15.45	Y: 15.68	Z: 15.75	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.20	Y: 15.18	Z: 15.17	X: 15.15	Y: 15.15	Z: 15.15	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.28	Y: 15.31	Z: 15.11	X: 15.25	Y: 15.38	Z: 15.38	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 12.08.23 al 06.09.23	3.5%	D2	X: 15.23	Y: 15.31	Z: 15.21	X: 15.24	Y: 15.48	Z: 15.35	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.40	Y: 15.61	Z: 15.55	X: 15.58	Y: 15.58	Z: 15.35	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.23	Y: 15.26	Z: 15.41	X: 15.34	Y: 15.40	Z: 15.10	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
De 12.08.23 al 06.09.23	3.5%	D3	X: 15.40	Y: 15.45	Z: 15.37	X: 15.40	Y: 15.05	Z: 15.38	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.17	Y: 15.13	Z: 15.16	X: 15.09	Y: 15.13	Z: 15.13	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			X: 15.23	Y: 15.26	Z: 15.41	X: 15.34	Y: 15.40	Z: 15.10	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PAA

Período de evaluación		MUESTRA (Cubo)	DIMENSIONES INICIALES				VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DIARIA RESPECTO A LAS DIMENSIONES INICIALES														
			0% PAA	Longitud en el Eje cm	Promedio mm	Volúmen mm ³	Agosto 2023														
28 días	47 días			X	Y	Z	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Del 03.08.23 al 30.08.23		D1	0%	15.19	15.18	15.21	15.26	X: 152.10													
				15.10	15.23	15.18	15.11	Y: 151.55	-0.02%	-0.22%	-0.28%	-0.17%	-0.27%	-0.38%	-0.14%	-0.16%	-0.22%	-0.27%	-0.26%	-0.25%	-0.11%
				15.41	15.42	15.38	15.39	Z: 154.00													
Del 03.08.23 al 13.09.23		D2	0%	15.12	15.13	15.04	15.11	X: 151.00													
				15.04	15.13	15.09	15.00	Y: 150.65	-1.02%	-1.20%	-1.20%	-1.21%	-1.18%	-1.15%	-1.11%	-1.02%	-1.08%	-1.19%	-1.15%	-1.11%	-1.13%
				15.52	15.30	15.43	15.45	Z: 154.25													
		D1		15.26	15.26	15.15	15.15	X: 152.05													
				15.45	15.31	15.31	15.30	Y: 153.43	-0.04%	-0.31%	-0.29%	-0.14%	-0.18%	#####	-0.26%	-0.17%	-0.36%	-0.16%	-0.15%	-0.12%	-0.07%
				15.08	15.12	15.00	15.11	Z: 150.78													
		D1		15.26	15.42	15.51	15.28	X: 153.68													
				15.54	15.48	15.51	15.51	Y: 155.10	0.02%	-0.02%	-0.15%	-0.25%	-0.26%	-0.19%	-0.29%	-0.05%	-0.12%	-0.18%	-0.23%	-0.23%	-0.21%
				15.21	15.16	15.18	15.19	Z: 151.85													
Del 05.08.23 al 01.09.23		D2	1.5%	15.00	15.07	15.33	15.21	X: 151.53													
				15.41	15.45	15.40	15.41	Y: 154.18	-0.28%	-0.13%	-0.09%	-0.35%	-0.28%	-0.11%	-0.15%	-0.37%	-0.42%	-0.33%	-0.32%	-0.22%	-0.25%
				15.15	15.21	15.21	15.10	Z: 151.68													
		D3		15.23	15.29	15.12	15.20	X: 152.10													
				15.13	15.15	15.15	15.21	Y: 151.60	-0.10%	-0.12%	-0.11%	-0.29%	-0.26%	-0.35%	-0.30%	-0.26%	-0.12%	-0.08%	-0.22%	-0.16%	-0.20%
				15.44	15.33	15.40	15.49	Z: 154.15													
		D1		15.09	15.51	15.09	15.50	X: 154.98													
				15.23	15.17	15.14	15.12	Y: 151.65	-0.03%	-0.04%	-0.08%	-0.05%	0.04%	0.00%	-0.11%	-0.15%	-0.13%	-0.13%	-0.10%	-0.15%	0.06%
				15.13	15.21	15.28	15.18	Z: 152.00													
Del 10.08.23 al 06.09.23		D2	2.5%	15.28	15.35	15.48	15.25	X: 153.40													
				15.21	15.21	15.21	15.21	Y: 152.10	-0.19%	-0.23%	-0.23%	-0.20%	-0.16%	-0.04%	-0.09%	-0.29%	-0.26%	-0.18%	-0.21%	-0.24%	0.03%
				15.48	15.41	15.49	15.53	Z: 154.78													
		D3		15.23	15.32	15.43	15.35	X: 153.33													
				15.09	15.13	15.09	15.20	Y: 151.28	-0.50%	-0.55%	-0.51%	-0.50%	-0.09%	-0.48%	-0.60%	-0.54%	-0.64%	-0.67%	-0.68%	-0.58%	-0.40%
				15.45	15.30	15.38	15.46	Z: 153.98													
		D1		15.24	15.25	15.18	15.22	X: 152.23													
				15.53	15.48	15.41	15.45	Y: 154.68	-0.18%	-0.17%	-0.04%	-0.14%	-0.09%	-0.11%	-0.23%	-0.30%	-0.28%	-0.27%	-0.27%	-0.90%	0.01%
				15.20	15.18	15.17	15.15	Z: 151.75													
Del 12.08.23 al 08.09.23		D2	3.5%	15.28	15.31	15.11	15.25	X: 152.38													
				15.23	15.31	15.21	15.24	Y: 152.48	-0.08%	-0.10%	-0.19%	-0.07%	0.11%	0.07%	0.24%	0.12%	-0.01%	0.07%	-0.07%	-0.15%	-0.09%
				15.40	15.61	15.55	15.58	Z: 155.35													
		D3		15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10													
				15.40	15.45	15.37	15.40	Y: 154.05	-0.09%	-0.12%	-0.04%	-0.07%	-0.05%	0.03%	0.22%	0.22%	-0.11%	0.00%	-0.02%	-0.13%	-0.12%
				15.17	15.13	15.16	15.09	Z: 151.38													

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PAA

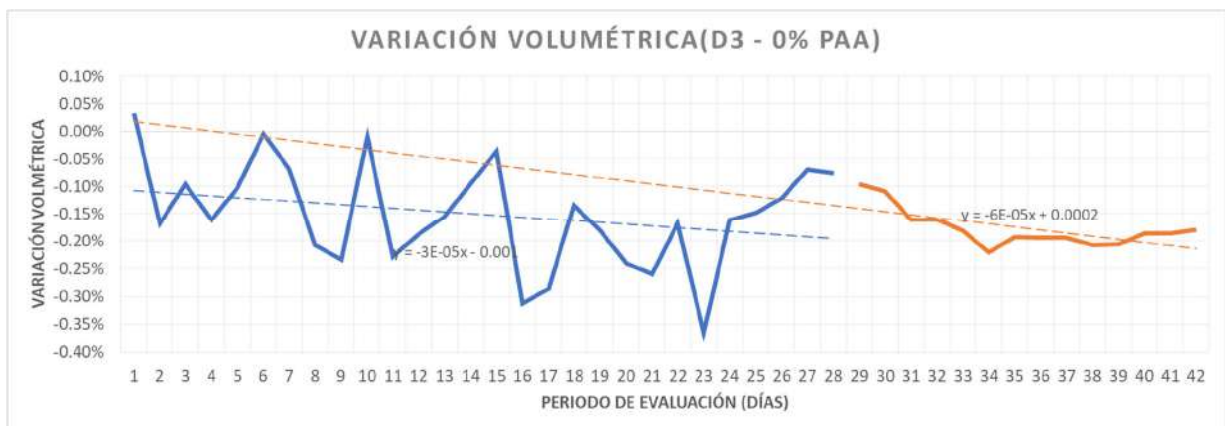
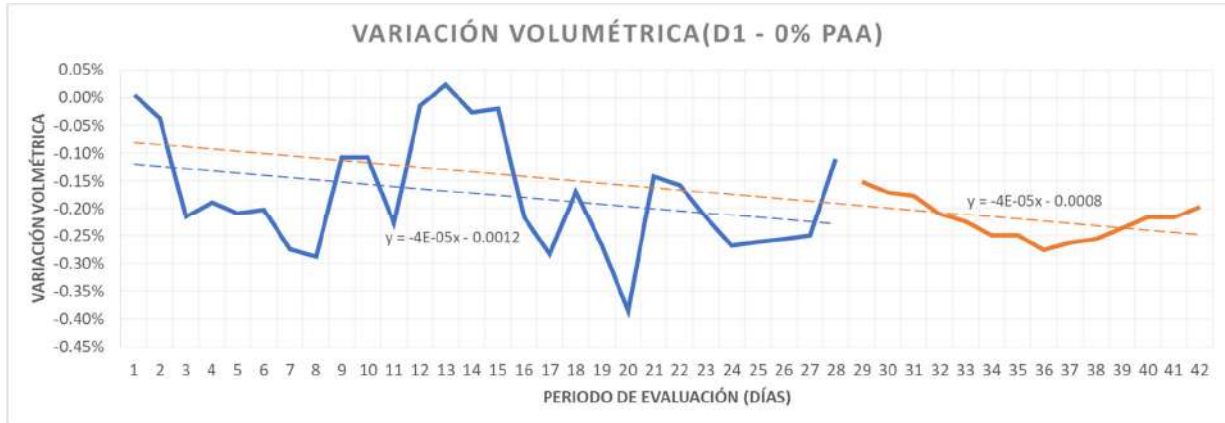
Periodo de evaluación	0% PAA	DIMENSIONES INICIALES			VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DIARIA RESPECTO A LAS DIMENSIONES INICIALES																			
		MUESTRA (Cubo)	Longitud en el Eje	Promedio	Volumen	Septiembre 2023																		
						cm	mm	mm ³	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
28 días	0%	D1	15.19	15.18	15.21	15.26	X: 152.10																	
			15.10	15.23	15.18	15.11	Y: 151.55	-0.18%	-0.21%	-0.22%	-0.25%	-0.25%	-0.28%	-0.26%	-0.26%	-0.24%	-0.22%							
			15.41	15.42	15.38	15.39	Z: 154.00																	
Del 03.08.23 al 13.09.23	0%	D2	15.12	15.13	15.04	15.11	X: 151.00																	
			15.04	15.13	15.09	15.00	Y: 150.65	-1.14%	-1.15%	-1.11%	1.55%	-1.15%	-1.14%	-1.15%	-1.17%	-1.14%								
			15.52	15.30	15.43	15.45	Z: 154.25																	
D1	15.26	15.26	15.15	15.15	X: 152.05																			
	15.45	15.31	15.31	15.30	Y: 153.43	-0.16%	-0.16%	-0.18%	-0.22%	-0.19%	-0.19%	-0.19%	-0.21%	-0.21%	-0.19%									
	15.08	15.12	15.00	15.11	Z: 150.78																			
D1	15.26	15.42	15.51	15.28	X: 153.68																			
	15.54	15.48	15.51	15.51	Y: 155.10	-0.24%	-0.21%	-0.23%	-0.25%	-0.28%	-0.27%	-0.27%	-0.22%	-0.21%	-0.25%									
	15.21	15.16	15.18	15.19	Z: 151.85																			
Del 05.08.23 al 15.09.23	1.5%	D2	15.00	15.07	15.33	15.21	X: 151.53																	
			15.41	15.45	15.40	15.41	Y: 154.18	-0.31%	-0.28%	-0.28%	-0.31%	-0.32%	-0.33%	-0.34%	-0.34%	-0.33%	-0.34%							
			15.15	15.21	15.21	15.10	Z: 151.68																	
D3	15.23	15.29	15.12	15.20	X: 152.10																			
	15.13	15.15	15.15	15.21	Y: 151.60	-0.22%	-0.23%	-0.22%	-0.21%	-0.21%	-0.22%	-2.83%	-0.23%	-0.20%	-0.20%									
	15.44	15.33	15.40	15.49	Z: 154.15																			
D1	15.49	15.51	15.49	15.50	X: 154.98																			
	15.23	15.17	15.14	15.12	Y: 151.65	-0.14%	-0.16%	-0.14%	-0.14%	-0.12%	-0.11%	-0.14%	-0.12%	-0.14%	-0.14%									
	15.13	15.21	15.28	15.18	Z: 152.00																			
Del 10.08.23 al 20.09.23	2.5%	D2	15.28	15.35	15.48	15.25	X: 153.40																	
			15.21	15.21	15.21	15.21	Y: 152.10	-0.17%	-0.18%	-0.18%	-0.20%	-0.23%	-0.21%	-0.19%	-0.19%	-0.21%	-0.23%							
			15.48	15.41	15.49	15.53	Z: 154.78																	
D3	15.23	15.32	15.43	15.35	X: 153.33																			
	15.09	15.13	15.09	15.20	Y: 151.28	-0.55%	-0.57%	-0.55%	-0.61%	-0.61%	-0.61%	-0.63%	-0.63%	-0.64%										
	15.45	15.30	15.38	15.46	Z: 153.98																			
D1	15.24	15.25	15.18	15.22	X: 152.23																			
	15.53	15.48	15.41	15.45	Y: 154.68	-0.30%	-0.25%	-0.28%	-0.19%	-0.26%	-0.24%	-0.23%	-0.24%	-0.26%	-0.27%									
	15.20	15.18	15.17	15.15	Z: 151.75																			
Del 12.08.23 al 22.09.23	3.5%	D2	15.28	15.31	15.11	15.25	X: 152.38																	
			15.23	15.31	15.21	15.24	Y: 152.48	-0.09%	-0.13%	-0.13%	-0.13%	-0.11%	-0.07%	-0.04%	-0.06%	-0.09%	-0.12%							
			15.40	15.61	15.55	15.58	Z: 155.35																	
D3	15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10																			
	15.40	15.45	15.37	15.40	Y: 154.05	0.02%	-0.03%	-0.07%	-0.09%	-0.09%	-0.09%	-0.09%	-0.09%	-0.08%	-0.09%									
	15.17	15.13	15.16	15.09	Z: 151.38																			

CAMBIO VOLUMETRICO DE CONCRETO C/PAA

Periodo de evaluación	0% PAA	MUESTRA (Cubo)	DIMENSIONES INICIALES			VARIACION VOLUMÉTRICA DIARIA RESPECTO A LAS DIMENSIONES INICIALES														
			28 días	42 días	0% PAA	Longitud en el Eje			Promedio			Septiembre 2023								
			cm	mm	mm ³	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
Del 03.08.23 al 30.08.23	0%	D1	15.19	15.18	15.21	15.26	X: 152.10													
			15.10	15.23	15.18	15.11	Y: 151.55	3.55E+06	-0.22%	-0.20%										
			15.41	15.42	15.38	15.39	Z: 154.00													
Del 03.08.23 al 30.08.23	0%	D2	15.12	15.13	15.04	15.11	X: 151.00													
			15.04	15.13	15.09	15.00	Y: 150.65	3.51E+06	-1.16%	-1.17%										
			15.52	15.30	15.43	15.45	Z: 154.25													
		D1	15.26	15.26	15.15	15.15	X: 152.05													
			15.46	15.31	15.31	15.30	Y: 153.43	3.52E+06	-0.19%	-0.18%										
			15.08	15.12	15.00	15.11	Z: 150.78													
		D1	15.26	15.42	15.51	15.28	X: 153.68													
			15.54	15.48	15.51	15.51	Y: 155.10	3.62E+06	-0.24%	-0.23%	-0.23%	-0.22%								
			15.21	15.16	15.18	15.19	Z: 151.85													
Del 05.08.23 al 01.09.23	1.5%	D2	15.00	15.07	15.33	15.21	X: 151.53													
			15.41	15.45	15.40	15.41	Y: 154.18	3.54E+06	-0.30%	-0.33%	-0.35%	-0.33%								
			15.15	15.21	15.21	15.10	Z: 151.68													
		D3	15.23	15.29	15.12	15.20	X: 152.10													
			15.13	15.15	15.15	15.21	Y: 151.60	3.55E+06	-0.18%	-0.20%	-0.23%	-0.23%								
			15.44	15.33	15.40	15.49	Z: 154.15													
		D1	15.49	15.51	15.49	15.50	X: 154.98													
			15.23	15.17	15.14	15.12	Y: 151.65	3.57E+06	-0.03%	-0.05%	-0.05%	-0.05%	-0.09%	-0.09%	-0.12%	-0.11%				
			15.13	15.21	15.28	15.18	Z: 152.00													
Del 10.08.23 al 06.09.23	2.5%	D2	15.28	15.35	15.48	15.25	X: 153.40													
			15.21	15.21	15.21	15.21	Y: 152.10	3.61E+06	-0.21%	-0.20%	-0.17%	-0.13%	-0.11%	-0.09%	-0.11%	-0.10%				
			15.48	15.41	15.49	15.53	Z: 154.78													
		D3	15.23	15.32	15.43	15.35	X: 153.33													
			15.09	15.13	15.09	15.20	Y: 151.28	3.57E+06	-0.61%	-0.66%	-0.59%	-0.64%	-0.67%	-0.62%	-0.66%	-0.63%				
			15.45	15.30	15.38	15.46	Z: 153.98													
		D1	15.24	15.25	15.18	15.22	X: 152.23													
			15.53	15.48	15.41	15.45	Y: 154.68	3.57E+06	-0.26%	-0.26%	-0.28%	-0.26%	-0.26%	-0.25%	-0.22%	-0.24%				
			15.20	15.18	15.17	15.15	Z: 151.75													
Del 12.08.23 al 08.09.23	3.5%	D2	15.28	15.31	15.11	15.25	X: 152.38													
			15.23	15.31	15.21	15.24	Y: 152.48	3.61E+06	-0.12%	-0.11%	-0.15%	-0.12%	-0.11%	-0.11%	-0.10%	-0.07%				
			15.40	15.61	15.55	15.58	Z: 155.35													
		D3	15.23	15.26	15.41	15.34	X: 153.10													
			15.40	15.45	15.37	15.40	Y: 154.05	3.57E+06	-0.08%	-0.11%	-0.11%	-0.12%	-0.13%	-0.13%	-0.41%	-0.15%				
			15.17	15.13	15.16	15.09	Z: 151.38													

ANEXO F3: VARIACIÓN VOLUMÉTRICA DE CADA MUESTRA

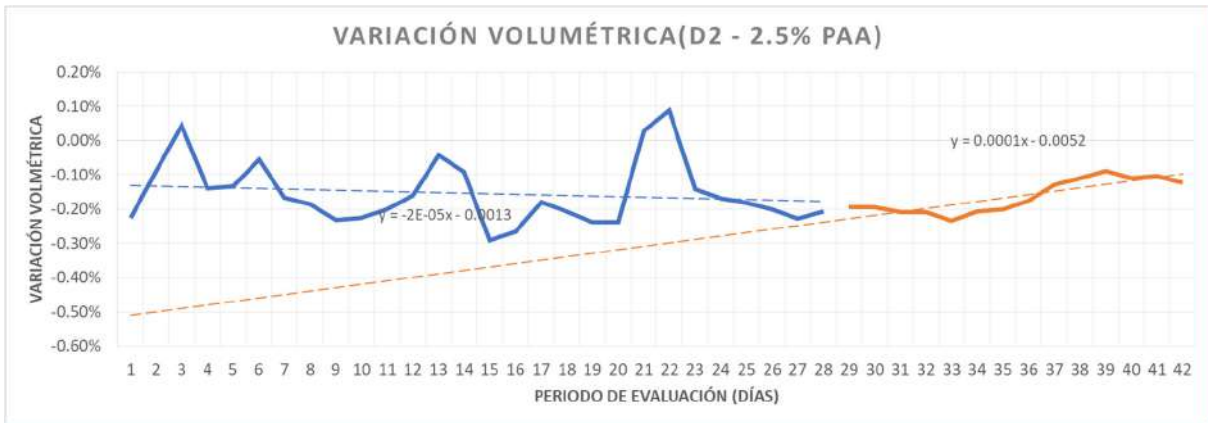
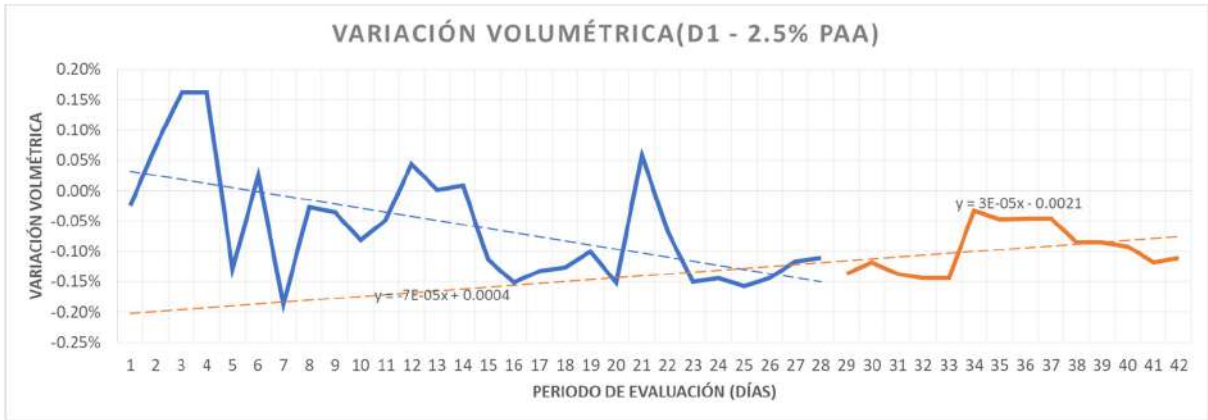
MUESTRAS CÚBICAS DE CONCRETO PATRÓN



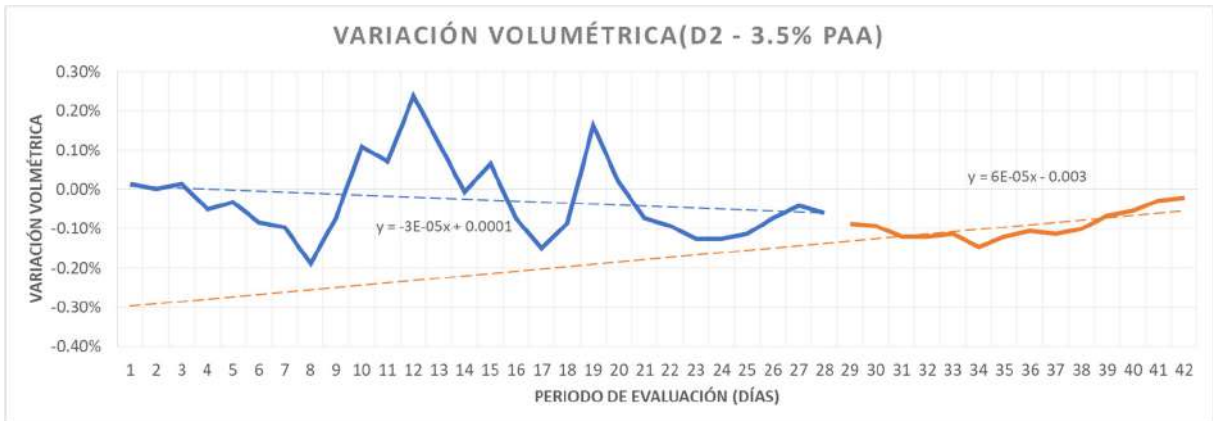
MUESTRAS CÚBICAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE 1.5% DE PAA



MUESTRAS CÚBICAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE 2.5% DE PAA



MUESTRAS CÚBICAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE 3.5% DE PAA



ANEXO G: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Figura 85

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES INDEPENDIENTE	FACTORES	INDICADORES
<p>Problema General</p> <p>PG: ¿Cuál es la influencia que genera la adición de determinados porcentajes de PAA como agente de curado interno, en las propiedades mecánicas del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>OG: Analizar la influencia que genera la adición de determinados porcentajes de polímeros absorbentes de agua (PAA) como agente de curado interno, en las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad del Cusco.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>HG: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto, mejora sus propiedades mecánicas en la ciudad del Cusco.</p>	<p>Adición de Polímeros Absorbentes de Agua (PAA)</p>	<p>Porcentaje de adición de PAA (1.5%, 2.5% y 3.5%)</p>	<p>% en peso del cemento del concreto</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>PE1: ¿Cuál es la influencia en la resistencia a la compresión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?</p> <p>PE2: ¿Cuál es la influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?</p> <p>PE3: ¿Cuál es la influencia en la tracción indirecta que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?</p> <p>PE4: ¿Cuál es la influencia en la resistencia a la flexión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?</p> <p>PE5: ¿Cuál es la influencia en el cambio volumétrico que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?</p> <p>PE6: ¿Cuál es la influencia en el análisis de costos que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>OE1: Determinar la influencia en la resistencia a la compresión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.</p> <p>OE2: Analizar la influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.</p> <p>OE3: Evaluar la influencia en la tracción indirecta que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.</p> <p>OE4: Definir la influencia en la resistencia a la flexión que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.</p> <p>OE5: Establecer la influencia en el cambio volumétrico en el tiempo que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.</p> <p>OE6: Especificar la influencia en el análisis de costos que genera al adicionar PAA a la mezcla de concreto.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>HE1: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto incrementará la resistencia a la compresión.</p> <p>HE2: La adición de PAA como agente de curado interno en las mezclas de concreto tendrá una influencia en el módulo de elasticidad y relación de Poisson.</p> <p>HE3: La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno incrementará la resistencia a la tracción indirecta.</p> <p>HE4: La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno incrementará en la resistencia a la flexión.</p> <p>HE5: La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno disminuirá la contracción.</p> <p>HE6: La adición de PAA en las mezclas de concreto como agente de curado interno representará un incremento en el costo de la elaboración del concreto patrón.</p>	<p>DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades mecánicas del concreto</p>	<p>Resistencia a la compresión</p> <p>Módulo de elasticidad</p> <p>Relación de Poisson</p> <p>Tracción indirecta</p> <p>Resistencia a la flexión</p> <p>Cambio volumétrico</p>	<p>f_c</p> <p>kg/cm²</p> <p>mm/mm</p> <p>kg/cm²</p> <p>Mpa</p> <p>%</p>

ANEXO H: FICHAS TÉCNICAS DE LOS INSUMOS

ANEXO H1. FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO

Figura 86

Ficha técnica del Cemento (pag.1)



CEMENTO CON MENOR HUELLA DE CARBONO FICHA TÉCNICA 2024 / V.1

IP CEMENTO MULTI-PROPÓSITO ALTA DURABILIDAD

CEMENTO YURA™

12.5 Kg

DESCRIPCIÓN

El cemento Multi-propósito de Alta durabilidad Yura IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado con Clinker Tipo I de alta calidad y adición de puzolana natural de origen volcánico y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado ISO 9001, de gestión ambiental ISO 14001 y de gestión de la seguridad y salud en el trabajo ISO 45001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general, Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

SOSTENIBILIDAD

Somos la primera cementera en conseguir 2 estrellas en la certificación de Huella de Carbono otorgada por el Ministerio del Ambiente.

Certificación de "Huella de Carbono Perú" Nivel 2 por calcular y verificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero utilizando la herramienta Huella de Carbono Perú

Yura también ha recibido el certificado "Quality Carbon Footprint" que evidencia el cálculo de la Huella de Carbono Producto, de tres de nuestros tipos de cemento, cumpliendo los estándares reconocidos internacionalmente.

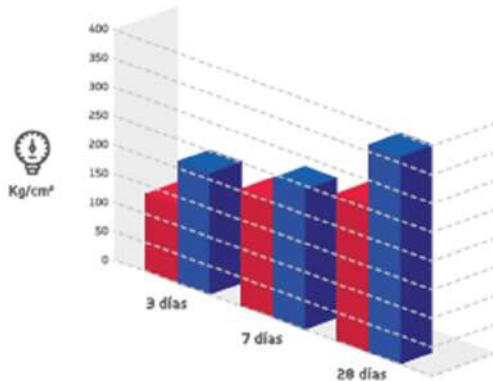
Intertek, SGS, Huella de Carbono Perú, Quality Carbon Footprint

Figura 87

Ficha técnica del Cemento (pag.2)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS		Requisitos Norma Técnica Peruana 334.090:2020 y Norma Americana ASTM C595/CS95M-20 CEMENTO TIPO IP		CEMENTO YURA MULTI-PROPÓSITO TIPO IP
REQUISITOS QUÍMICOS	UNIDAD			
Óxido de magnesio (MgO)	%	máximo 6,0		1,5 a 3,0
Trióxido de azufre (SO ₃)	%	máximo 4,0		1,5 a 3,0
Pérdida de ignición	%	máximo 5,0		1,5 a 4,0
REQUISITOS FÍSICOS				
Densidad	g/cm ³	-		2,70 a 2,8
Contracción / Expansión en Autoclave	%	-0,20 a 0,80		-0,09 a 0,05
Tiempo de fraguado inicial Vicat	minutos	45 a 420		140 a 260
Contenido de aire	%	máximo 12		3 a 8
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
3 días	kgf/cm ²	mínimo 133		150 a 210
7 días	kgf/cm ²	mínimo 204		210 a 240
28 días	kgf/cm ²	mínimo 255		290 a 360
RESISTENCIA A LOS SULFATOS				
Expansión a 6 meses para alta resistencia a sulfatos	%	máximo 0,05		< 0,05
Expansión a 12 meses para alta resistencia a sulfatos	%	máximo 0,10		< 0,07



COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

CEMENTO YURA MULTI-PROPÓSITO TIPO IP VS REQUISITOS NORMAS TECNICAS NTP 334,090

- Cemento Tipo IP
Norma técnica
NTP 334,090 (ASTM C595)
- Cemento Multi-Propósito
Yura Tipo IP

OTRAS PROPIEDADES




Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, hace que el CEMENTO MULTIPROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a otros tipos de cemento.

Los silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

ANEXO H2. FICHA TÉCNICA DEL PAA

Figura 88

Ficha técnica del PAA (pag.1)

BOLAS DE GEL		
Versión 1	Fecha de emisión: 1/02/2023	Página 1 de 10 Fecha de impresión: 03/02/2023

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA.

1.1 Identificador de producto.

Nombre del producto:	BOLAS DE GEL
Código del producto:	ALQ0030
Nombre químico:	Poliacrilato sódico; poliacrilato de sodio; Ácido 2-propenoico, homopolímero, sodio.
N. CAS:	9003-04-7
N. registro:	Exento, polímero
Tipo de producto:	Sustancia
Fórmula:	$(C_3H_4O_2)_x.Nax$

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados.
Uso en aplicaciones industriales y profesionales. Polímero superabsorbente.

Descripción:
La resina absorbente de agua de tipo perla es un polímero de alto peso molecular, a base de sodio, con grupos hidrófilos fuertes. Se reticula para formar una estructura de red. Es un material con las funciones de absorción de agua, retención de agua y absorción de sabor. Producto muy utilizado en plantas, artesanías, decoración, juguetes...

Usos desaconsejados:
Todo aquel uso no especificado en este epígrafe ni en el epígrafe 7.3. Por falta de experiencia o de datos, el proveedor no puede aprobar otro uso no especificado.

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad.

Empresa:	ALQUERA CIENCIA SL
Dirección:	C/ Vilar de Donas 9
Población:	28050 - Madrid
Provincia:	Madrid (España)
Teléfono:	0034 620 88 75 97
E-mail:	info@alquera.com
Web:	https://www.alquera.com

1.4 Teléfono de emergencia: 0034 620 88 75 97 (SDS) (Sólo disponible en horario de oficina: Lunes-Viernes: 09:00-18:00)

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla.
El producto no está clasificado como peligroso según el Reglamento (CE) No 1272/2008.

2.2 Elementos de la etiqueta.
El producto no está clasificado como peligroso según el Reglamento (EU) No 1272/2008.

2.3 Otros peligros.
La sustancia no tiene propiedades de alteración endocrina.
La sustancia no cumple con los criterios para ser considerada PBT o mPmB de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1907/2006 (REACH), Anexo XIII.
PBT: Persistente Bioacumulable y Tóxica.
mPmB: muy Persistente y muy Bioacumulable.

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

3.1 Sustancias.

Monoconstituyente.	
Nombre químico:	Poliacrilato sódico
N. CAS:	9003-04-7
N. registro:	Exento, polímero

Figura 89

Ficha técnica del PAA (pag.2)

Descripción: polímero superabsorbente.

Identificadores	Nombre	Concentración	(*) Clasificación - Reglamento 1272/2008	
			Clasificación	Límites de concentración específicos y Estimación de Toxicidad Aguda
N. CAS: 9003-04-7	Poliacrilato sódico	≥95 %	-	-

3.2 Mezclas.
No Aplicable.

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS.

4.1 Descripción de los primeros auxilios.

Debido a la composición y a la tipología de las sustancias presentes en el preparado, no se necesitan advertencias particulares.

Inhalación.

Si se para la respiración aplicar respiración artificial y solicitar atención médica urgente. Situar al accidentado al aire libre, mantenerle caliente y en reposo, si la respiración es irregular o se detiene, practicar respiración artificial.

Contacto con los ojos.

Retirar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil de hacer. Lavar abundantemente los ojos con agua limpia y fresca durante, por lo menos, 20 minutos, tirando hacia arriba de los párpados y buscar asistencia médica. No permita que la persona se frote el ojo afectado.

Contacto con la piel.

Quitar la ropa contaminada.

Ingestión.

Mantenerle en reposo. NUNCA provocar el vómito.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.

La exposición a concentraciones aéreas por encima de los límites de exposición legales o recomendados pueden causar irritación de la nariz, de la garganta o de los pulmones. Los síntomas adversos pueden incluir los siguientes:
ojos: lagrimeo, rojez
inhalación: tos, irritación del tracto respiratorio

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentren inconscientes.

SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

5.1 Medios de extinción.

Medios de extinción apropiados:

Polvo extintor o CO₂. En caso de incendios más graves también espuma resistente al alcohol y agua pulverizada.

Medios de extinción no apropiados:

No usar para la extinción chorro directo de agua. En presencia de tensión eléctrica no es aceptable utilizar agua o espuma como medio de extinción.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla.

Riesgos especiales.

La exposición a los productos de combustión o descomposición puede ser perjudicial para la salud. El fuego puede producir un espeso humo negro. Como consecuencia de la descomposición térmica, pueden formarse productos peligrosos: monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos metálicos.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios.

Refrigerar con agua los tanques, sistemas o recipientes próximos a la fuente de calor o fuego. Tener en cuenta la dirección del viento.

ANEXO I: COSTO HORA HOMBRE

ANEXO II. Resolución gerencial general regional N° 321-2022-GR CUSCO/GGR



RESOLUCIÓN GERENCIAL GENERAL REGIONAL N° 321 -2022-GR CUSCO/GGR

Cusco, 30 DIC. 2022

EL GERENTE GENERAL REGIONAL DEL GOBIERNO REGIONAL DE CUSCO;

VISTO: El Informe N° 208-2022-GR CUSCO-GRTPE y Memorandum N° 856-2022- GR CUSCO/GRTPE de la Gerencia Regional de Trabajo y Promoción de Empleo, Oficio N° 45-2022-GR CUSCO/ORAJ e Memorandum N° 1061-2022-GR CUSCO/ORAJ de la Oficina Regional de Asesoría Jurídica del Gobierno Regional de Cusco;

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con la Ley N° 27867 - Ley Orgánica de Gobiernos Regionales modificada por Ley N° 27902, los Gobiernos Regionales emanan de la voluntad popular, son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, económica y administrativa en asuntos de su competencia, constituyendo para su administración económica y financiera, un Pliego Presupuestal;

Que, con Resolución Gerencial General Regional N.º 239-2022-GR CUSCO/GGR del 02 de noviembre 2022, se aprobó, la propuesta sobre la implementación de escala de jornales para personal obrero de construcción civil, fijada bajo Acta de Acuerdo suscrito el día 27 de julio de 2022, conforme a los documentos que obran en autos, mediante los cuales se sustenta y justifica la nueva Escala Remunerativa para el personal obrero del Gobierno Regional de Cusco, acorde al numeral I.- INCREMENTO DE REMUNERACIONES de la Convención Colectiva de Trabajo-Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2022-2023, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 275-2022-TR, en su **Clausula Primera.- Las partes acuerdan que, a partir de junio del 2022 los trabajadores en Construcción Civil del ámbito nacional, recibirán un aumento general sobre su Jornal Básico diario, según las siguientes categorías: Operario S/ 6.20; Oficial S/ 4.70 y Peón S/ 4.30.** Dichos montos se aplicarán a nivel de perfil de elaboración de nuevos expedientes técnicos, no aplica a los proyectos en proceso de ejecución;

Que, mediante Informe N° 208-2022-GR CUSCO-GRTPE de fecha 01 de diciembre 2022, la Gerencia Regional de Trabajo y Promoción de Empleo, ha solicitado la modificación y/o derogación de la Resolución Gerencial General Regional N.º 239-2022-GR CUSCO/GGR del 02 de noviembre 2022, en vista que dicha resolución no ha considerado los acuerdos suscritos entre la entidad y el gremio, sino por el contrario, ha sido desarrollada en base al Informe N.º 1819-2022-GR CUSCO/GRAD-SGRH, donde ha considerado la escala aprobada en la negociación colectiva suscrita entre la federación de trabajadores de construcción civil (FTCCP) y la cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), en referencia al cual se realiza un incremento distinto al acordado entre los funcionarios del Gobierno Regional de Cusco y los representantes de los gremios de Construcción Civil de Cusco. Dicho acuerdo no podría aplicarse a los trabajadores de construcción civil de la entidad, por tratarse de un acuerdo entre entidades privadas dedicadas a la Construcción Civil;

Que, la Ley N.º 30889, establece que los trabajadores de construcción civil, se encuentran bajo el Régimen de la actividad privada regulado por Decreto Legislativo N.º 728, por lo que no es posible aplicar la escala de CAPECO a los trabajadores de construcción civil del Gobierno Regional de Cusco. En tal sentido, cabe destacar lo expuesto en el Informe N.º 215-2021-GR CUSCO/GRTPE de fecha 21 de octubre 2021, mediante la cual se desarrolla ampliamente las razones por las que no es factible aplicar los montos pactados entre FTCCP y CAPECO; toda vez que, la aprobación de remuneraciones con escala CAPECO, atentarían directamente al presupuesto público y, no deben ser ejecutadas por no tener estricto cumplimiento al sector público;

Que, mediante el VI Plenario Jurisdiccional Supremo en materia laboral y provisional de fecha 18 de setiembre y 02 de octubre 2017, se acordó sobre la aplicación del régimen laboral especial de Construcción Civil en el sector público, regulado bajo el Decreto Legislativo N.º 727, estableciendo: "Cuando una entidad pública ejecuta obras bajo la modalidad de administración directa, a los trabajadores obreros contratados para realizar dicha obra de construcción se le aplicará el régimen laboral especial de construcción civil. Este criterio será aplicable siempre que se trate de un proyecto de obra de construcción de carácter eventual". Entonces, se puede colegir que el Gobierno Regional de Cusco puede aplicar dicho régimen especial, para la ejecución

de las obras por administración directa, siempre que dichos proyectos u obras tengan un costo igual o superior a 50 UIT;

Que, el Informe N.º 1819-2022-GR CUSCO/GRAD-SGRH de fecha 12 de agosto de 2022, emitido por la Sugerencia de Gestión de Recursos Humanos, precisa que con la Resolución Gerencial General Regional N.º 132-2020-GR CUSCO/GGR de fecha 08 de mayo 2020, se aprobó la escala de remuneraciones de obreros comprendidos en el Régimen de Construcción Civil, la misma se continuará aplicando a las obras en proceso de ejecución. A su vez, ha indicado que el Gobierno Regional de Cusco, ejecuta sus proyectos y/u obras de infraestructura, a través de la Gerencia Regional de Gestión de Proyectos, por ello corresponde la aprobación o actualización de la escala de jornales para que sean consideradas en los costos de mano de obra a nivel de perfil de elaboración de expedientes técnicos de los futuros proyectos;



Que, se puede desprender por la naturaleza de las actividades que se ejecutan en nuestra región, se determina los dos tipos de personal obrero con los que se cuenta, los obreros eventuales contratados según el régimen especial de construcción civil, y los trabajadores permanentes que se rigen por el Decreto Legislativo N.º 728. A este punto, es preciso invocar el Principio de Legalidad de la Administración Pública, el mismo que nos refiere que toda actividad de la administración pública queda sometida a la ley y esto no escapa de los contratos, los mismos que deben basarse en una norma jurídica vigente, sea administrativa o civil, o basada en los principios generales del derecho;



Que, los trabajadores de construcción civil que laboren en obras de administración directa que ejecuta el Gobierno Regional de Cusco, se pagarán con la nueva escala salarial, de acuerdo al acta suscrito en fecha 27 de julio 2022, dicho incremento permitirá que los operarios, oficiales y peones puedan reactivar su economía, puesto que pertenecen a uno de los sectores más afectados por efecto de la pandemia y el costo de vida que vienen afrontando en cada sector de nuestra región Cusco. Asimismo, de conformidad a los informes que obran en autos, la nueva escala de jornales será aplicado a los nuevos expedientes técnicos en proceso de elaboración, y a las obras que tienen expediente técnico aprobado para su inicio de ejecución física, mientras que las obras que están en pleno ejecución, mantendrán los montos de mano de obra hasta su culminación o liquidación de las mismas;



Que, se debe observar el principio de equilibrio presupuestario, que es un principio regulatorio según el cual el Presupuesto del Sector Público está constituido por créditos presupuestarios que representan el equilibrio entre la previsible evolución de los ingresos y los recursos a asignar de conformidad con las políticas públicas de gasto, estando prohibido incluir autorizaciones de gasto sin el financiamiento correspondiente, el mismo que está regulado por el Artículo I Equilibrio Presupuestario del Título Preliminar de la Ley N.º 28411, Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto. Que, existen leyes que cumplir con procedimientos determinados para poder implementar actuaciones que tienen que ver con ingreso de personal que involucre presupuesto público, cualquier actuación contraria a estas normas, será declarada nula, y acarrearía las sanciones funcionales. La nivelación de remuneraciones CAPECO, no puede ser aplicada en el sector público al no tener un carácter de estricto u obligatorio cumplimiento en las entidades públicas;

Que, la Subgerencia de Gestión de Obras emite el Informe N.º 188-2022-GR CUSCO/GRGI-SGGD de fecha 23 de septiembre 2022, conteniendo opinión técnica sobre la propuesta de Incremento Salarial para el personal comprendido bajo el régimen especial de construcción Civil, señalando lo siguiente: a) La propuesta deberá ser implementada en los nuevos estudios de pre-inversión (en formulación y evaluación) y posteriormente en la elaboración de los expedientes técnicos de tales estudios, b) A la fecha se viene ejecutando obras por administración directa con el régimen aprobado por RGGR N.º 132-2020-GR CUSCO/GGR, en este caso, no sería conveniente la implementación de la modificación de la escala remunerativa propuesta, porque conllevaría a la elaboración de expedientes de modificación presupuestal, incrementando una mayor demanda financiera, y no podría ser incorporado en el Plan Multianual de Inversiones de la Entidad, sobre todo en aquellos proyectos en continuidad;

Que, mediante Informe N.º 1524-2022-GR CUSCO/GRPPM-SGPR de fecha 04 de octubre 2022, la Subgerencia de Presupuesto emite su pronunciamiento, respecto al incremento de escala remunerativa de los trabajadores del régimen de Construcción Civil, precisando que en el numeral 4.2 del artículo 4º de la Ley N.º 31365, Ley de Presupuesto del Sector Público para el año fiscal 2022, señala que: "Todo acto administrativo, acto de administración o las resoluciones



CUSCO

Gobierno Regional
de Cusco

Gerencia General
Regional

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"

administrativas que autoricen gastos no son eficaces, si no cuentan con el crédito presupuestario correspondiente en el presupuesto institucional o condicionan la misma a la asignación de mayores créditos presupuestarios, bajo exclusiva responsabilidad del titular de la entidad, así como del jefe de la Oficina de Presupuesto y del jefe de la Oficina de Administración, o los que hagan sus veces, en el marco de lo establecido en el Decreto Legislativo N.º 1440, del Sistema Nacional de Presupuesto Público". Consecuentemente, la propuesta de incremento remunerativo de los trabajadores del régimen laboral de construcción civil, acarrearía a efectuar modificaciones presupuestarias de mayor asignación de presupuesto en los proyectos de inversión durante la fase de ejecución presupuestal, que de primer orden debe derivar de los reajustes que necesariamente reflejaría desde los estudios de Pre-Inversión, así como en los expedientes Técnicos de los proyectos de inversión a los que estaría afectados el pago, cuyas acciones correspondería realizar a la Gerencia Regional de Proyectos, así como contar con la opinión técnica y legal de la Subgerencia de Gestión de Recursos Humanos;



Que, asimismo, con el Informe N.º 2476-2022-GR CUSCO/GRAD-SGRH de fecha 20 de octubre 2022, la Subgerencia de Gestión de Recursos Humanos emite su pronunciamiento sobre implementación de escala de jornales para personal obrero de construcción civil, del cual tomamos en consideración el numeral 3.3 de su conclusión, que señala: "La Gerencia Regional de Trabajo y Promoción del Empleo con Informe N.º 101-2022-GR CUSCO/GRTPE, ha presentado ante la Gerencia General Regional la propuesta de incremento salarial en el régimen de Construcción Civil, con nueva escala de jornales para las categorías de Operario, Oficial y Peón; la propuesta contiene el Acta de Acuerdo suscrito entre el Gerente Regional de Trabajo y Promoción de Empleo, el Director Ejecutivo de Instituto de Manejo del Agua y Medio Ambiente-IMA, el Gerente Regional de Gestión de Proyectos, el Secretario General del Sindicato Regional de Construcción Civil de Cusco y el Secretario General de Sindicato Regional de Construcción Civil de Cusco y el Secretario General del Sindicato de Trabajadores en Construcción Civil y Artes Decorativas del Cusco";



Que, la Subgerencia de Gestión de Recursos Humanos opina que la propuesta de escala salarial para personal obrero del Régimen de Construcción Civil consensuada en el Acta de Acuerdo entre representantes de la Entidad y representantes de los gremios de Trabajadores, representada por la Gerencia Regional del Trabajo y Promoción de Empleo, es la que corresponde ser aprobada, para los proyectos nuevos desde la etapa de pre Inversión. En la misma, solicita a la Gerencia Regional de Administración proseguir con las acciones administrativas orientadas a la aprobación de la Escala Salarial propuesta, mediante acto resolutorio de nivel competente;

Que, corresponde dejar sin efecto en todos sus extremos la resolución materia de revisión, bajo el ejercicio de la facultad de autotutela que la norma confiere a la administración pública para que, en cualquier tiempo, de manera directa, de oficio o a pedido de parte mediante un nuevo acto administrativo: modifique, reforme, sustituya o extinga los efectos jurídicos de acto emitido, por contravenir disposiciones vigentes o sea incompatible con el interés público tutelado por la entidad. Por lo que, es permitente dejar sin efecto jurídico el acto resolutorio en cuestión; y, reformando los documentos que dieron merito, conviene emitir nuevo acto resolutorio, debiendo integrarse los acuerdos suscritos entre la entidad y los representantes de los gremios de Construcción Civil de Cusco, efectuado en fecha 27 de julio 2022, incluyendo el cuadro de remuneraciones hora-hombre desagregado-2022 personal obrero;



Que, mediante Memorandum N.º 1061-2022-GR CUSCO/ORAJ la Oficina Regional de Asesoría Jurídica opina que corresponde dejar sin efecto en todos sus extremos, la RGGR N.º 239-2022-GR CUSCO/GGR de fecha 02 de noviembre de 2022. Consecuentemente, aprobar la propuesta de la implementación de la nueva escala de jornales para personal obrero de Construcción Civil conforme al Acta de Acuerdo suscrito en fecha 27 de julio 2022, incluyendo el cuadro de la nueva escala salarial, que será aplicado a los proyectos de inversión pública en fase de pre-inversión, a nivel de perfil de elaboración de nuevos expedientes técnicos, con extensión a los proyectos que cuenten con expediente técnico aprobado para su inicio de ejecución física, más no aplica a los proyectos u obras en fase de ejecución, cualquiera sea su avance físico c presupuestal;

Con las visaciones de la Oficina Regional de Asesoría Jurídica, Gerencia Regional de Administración, Subgerencia de Gestión de Recursos Humanos, Gerencia Regional de Gestión de Inversiones de Infraestructura, Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Modernización, Gerencia Regional de Supervisión y Liquidación de Inversiones del Gobierno Regional de Cusco;

En uso de las facultades conferidas por el inciso b) del artículo 41° de la Ley N° 27867 Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, modificado por Ley N° 27902, el artículo 45° y el literal f) del artículo 46° del Reglamento de Organización y Funciones del Gobierno Regional de Cusco aprobado mediante Ordenanza Regional N° 0176-2020 CR/GR CUSCO y sus modificatorias, Resolución Ejecutiva Regional N° 221-2021-GR CUSCO/GR Artículo Primero numeral A.10 y la Resolución Ejecutiva Regional N° 241-2021-GR CUSCO/GR del 03 de mayo 2021, ratificada mediante Resolución Ejecutiva Regional N° 007-2022-GR CUSCO/GR del 04 de enero 2022;

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. – APROBAR, la propuesta de la implementación de escala de jornales para el personal obrero de Construcción Civil, en merito al Acta de Acuerdo suscrito en fecha 27 de julio 2022, con la integración del cuadro de la escala salarial y que será aplicado a los proyectos de inversión pública en fase de pre-inversión, a nivel de perfil de elaboración de nuevos expedientes técnicos, con extensión a los proyectos que cuenten con expediente técnico aprobado para su inicio de ejecución física, más no aplica a los proyectos u obras en fase de ejecución, conforme al siguiente detalle:



CUADRO DE REMUNERACION HORA HOMBRE DESAGREGADO - 2022

PERSONAL OBRERO	MAESTRO DE OBRAS OPEARIO		OFICIAL		GUARDIÁN Y PEÓN	
	MONESUAL	HH	MONESUAL	HH	MONESUAL	HH
INGRESOS FIJO						
1) JORNAL BASICO	1,668.55	8.78	1,597.58	7.89	1,493.39	7.26
2) DOMINICAL	268.8	1.34	214.8	1.07	182.4	0.91
3) DUE	584.57	2.92	511.11	2.56	436.58	2.18
4) BONIFICADOS (VALORACIONES TRUNCAS)	131.77	0.61	109.62	0.57	125.06	0.61
5) TOTAL INGRESOS FIJO (1)+(2)+(3)+(4)	2,593.64	13.61	2,403.18	12.23	2,205.00	11.01
REMUNERACION DEJUCAR E						
DESCUENTOS DEL EMPLEADOR						
6) RETENCION POR SNPD AFP (12%)	252.33	1.27	206.68	1.04	188.75	0.94
7) COMAFONIC	40.52		32.72		28.88	
8) TOTAL DESCUENTOS	292.85	1.27	239.40	1.04	217.63	1.08
9) REMUNERACION NETA A CDBEAR POR EL EMPLEADO	2,300.79	12.34	2,163.78	11.19	1,987.37	10.03
AJUSTES DEL EMPLEADOR						
10) PASAJE (1%)	25.94	1.33	22.05	1.11	19.85	0.99
11) SONT (1.5%)	45.54	0.23	37.65	0.19	33.24	0.17
12) TOTAL AJUSTES DEL EMPLEADOR	71.48	1.56	59.70	1.29	53.09	1.16
13) BONIFICACION DE MOVILIDAD Y AJUSTADOS						
14) BONIFICACION DE MOVILIDAD	139.18	0.7	142.8	0.71	144.89	0.71
15)		0.81		0.67		0.61
16) GRATIFICACIONES	362.75	1.81	289.88	1.45	362.75	1.81
17) TOTAL BONIFICACIONES FORAÑO	501.93	3.33	432.68	2.83	507.64	3.13
18) COSTO TOTAL DEL TRABAJADOR AL MES (9)-(12)+(14)-(17)	3,464.38	19.7	3,215.33	16.4	2,727.21	15.3

ARTICULO SEGUNDO. – DEJAR, SIN EFECTO la Resolución Gerencial General Regional N.º 239-2022-GR CUSCO/GGR del 02 de noviembre 2022.

ARTICULO TERCERO TRANSCRIBIR, la presente Resolución Gerencial General Regional a Gerencia Regional de Administración, Subgerencia de Gestión de Recursos Humanos, Gerencia Regional de Gestión de Inversiones de Infraestructura, Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Modernización, Gerencia Regional de Supervisión y Liquidación de Inversiones del Gobierno Regional de Cusco y a los Organos Técnico Administrativos de la Sede del Gobierno Regional de Cusco, para su conocimiento y cumplimiento.

REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE;




ECÓN. DANIEL MARAVI VEGA CENTENO
 GERENTE GENERAL REGIONAL
 GOBIERNO REGIONAL DE CUSCO

ANEXO J: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO J1: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - MÁQUINA UNIVERSAL


Figura 90

Certificado de calibración de la Máquina de ensayo universal (Pág.1)



TEST & CONTROL

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017



ISO
17025:2017

Certificado de Calibración

TC - 17188 - 2023

Proforma : 22876A

Fecha de emisión: 2023-08-31

Página : 1 de 2

Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Dirección : Av. De La Cultura 773 Cusco - Cusco

Instrumto de medición : MÁQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL
Marca : INSTRON
Modelo : 600DX-B1-C3A-G1F
N° de Serie : 600DXR4565
Alcance de indicación : 61182 kgf
Resolución : 1 kgf
Procedencia : U.S.A.
Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio de Mecanica de Suelos y Materiales
Fecha de Calibración : 2023-08-28


Lugar de calibración
Instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Método de calibración
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 376. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza utilizados para la verificación de las máquinas de ensayo uniaxial.

Condiciones de calibración

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,4 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	34,6 %HR	35,7 %HR

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
El presente documento carece de valor sin firma y sello.




Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 San Miguel - Lima | (01) 2629545 | 990089889 | informes@testcontrol.com.pe
Empresa con **responsabilidad social**, acercando la ciencia a los que comparten nuestra **pasión por la metrología.**


Figura 91

Certificado de calibración de la Máquina de ensayo universal (Pág.2)



TEST & CONTROL

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017



ISO
17025:2017

Certificado : TC - 17188 - 2023
Página : 2 de 2

Trazabilidad

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de AEP TRANSDUCERS	Celda de carga de capacidad 3 MN Modelo CLFlex Indicador digital modelo MP6plus	LAT 093 9623F
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-049-2023 Abril 2023


Resultados de calibración

RESULTADOS			
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN	INDICACIÓN DEL PATRÓN	ERROR	INCERTIDUMBRE
kgf	kgf	kgf	kgf
2 185	2 215,0	-30,0	0,6
5 090	5 127,5	-37,5	0,7
10 002	10 040,2	-38,2	0,7
15 042	15 081,7	-39,7	0,7
20 150	20 193,1	-43,1	0,7
25 169	25 212,5	-43,5	0,8
30 135	30 181,8	-46,8	0,8
35 060	35 108,5	-48,5	0,9
40 081	40 130,9	-49,9	0,9

Observaciones
Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Incertidumbre expandida U
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Jr. Condesa de Lemos N° 117 San Miguel - Lima

(01) 2629545 990089889

informes@testcontrol.com.pe

Empresa con *responsabilidad social*, acercando la ciencia a los que comparten nuestra *pasión por la metrología*.

ANEXO J2: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - PRENSA DE CONCRETO


Figura 92

Certificado de calibración de la Prensa de concreto (Pág.1)

METROTEC		METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
		<small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>
Área de Metrología <i>Laboratorio de Fuerza</i>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LFP - 062 - 2023
		<small>Página 1 de 3</small>
1. Orden de trabajo	OT 0078-23	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
2. Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
3. Dirección	Av. De la Cultura Nro. 733, Cusco - Cusco - CUSCO	<p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	100000 kgf	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	36-3088/06	
Número de Serie	9010000012	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	1886-1-3514	
Resolución	10 kgf	
5. Fecha de Calibración	2023-03-22	
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2023-03-28		
	Firmado digitalmente por Williams Pérez	
	Fecha: 2023.03.29 11:18:39 -05'00'	
Metrología & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA Telf: (511) 540-0642 Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282		<small>ventas@metrologiatecnicas.com metrologia@metrologiatecnicas.com www.metrologiatecnicas.com</small>

Figura 93

Certificado de calibración de la Prensa de concreto (Pág.2)

	METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 062 - 2023

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1:2018 "Materiales metálicos. Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza". (ISO 7500-1:2018).

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Av. De la Cultura Nro. 733, Cusco - Cusco - CUSCO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	21,1 °C
Humedad Relativa	60 % HR	42 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-1 87747 / 2021-1 95857	CELDA DE CARGA calibrado a 1 000 kN con incertidumbre del orden de 0,24 %	LEDI-PUCP INF-LE 037-22B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- Se realizó la calibración hasta el 90 % de su capacidad por motivos de seguridad.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

Figura 94

Certificado de calibración de la Prensa de concreto (Pág.3)

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_1 (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000,0	10092,7	10082,7	10102,7	10092,7
20	20000,0	20168,6	20128,4	20158,6	20151,9
30	30000,0	30116,8	30126,9	30156,9	30133,5
40	40000,0	40110,0	40140,3	40160,5	40136,9
50	50000,0	50172,6	50232,7	50242,7	50216,0
60	60000,0	60176,7	60226,9	60297,1	60233,5
70	70000,0	70239,7	70109,3	70219,7	70189,6
80	80000,0	80142,6	80122,6	80252,5	80172,6
90	90000,0	90058,2	90138,0	90217,8	90138,0
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
10000,0	-0,9	0,2	---	0,10	0,4
20000,0	-0,8	0,2	---	0,05	0,4
30000,0	-0,4	0,1	---	0,03	0,4
40000,0	-0,3	0,1	---	0,03	0,4
50000,0	-0,4	0,1	---	0,02	0,4
60000,0	-0,4	0,2	---	0,02	0,4
70000,0	-0,3	0,2	---	0,01	0,4
80000,0	-0,2	0,2	---	0,01	0,4
90000,0	-0,2	0,2	---	0,01	0,4

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
-----------------------------------------	--------

12. Incertidumbre
 La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

ANEXO K: CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO FIC-UNSAAC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
Av. de la cultura Nro. 733 – Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

HACE CONSTAR:

Que los testistas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. **IVANN ARNOLD MALDONADO HUANCACHOQUE** y Bach. **NAYLAH DIANA HUAMAN SONCCO**, hizo uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON INCORPORACIÓN DE POLÍMEROS ABSORBENTES DE AGUA (PAA) COMO AGENTE DE CURADO INTERNO AL AIRE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DEL CUSCO".

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT.
01	Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	NTP 339.185	09
02	Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012	12
03	Peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021	03
04	Peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022	06
05	Determinación de la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados	NTP 400.017	09
06	Determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Angeles.	NTP 400.019	03
07	Temperatura de mezcla de mezcla de concreto	NTP 339.184	04
08	Medición de asentamiento del concreto de cemento portland	NTP 339.035	04
09	Ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del hormigón fresco	NTP 339.081	04
10	Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.	NTP 339.034	72
11	Método Estándar de Ensayo para módulo de elasticidad estático y relación de poisson del concreto en compresión	ASTM C 469	48
13	Determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo	NTP 339.078	24
14	Esfuerzo de Tensión por Partidura en Especímenes Cilíndricos de Concreto	ASTM C496	24

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Cusco, 08 de julio de 2024

Ing. Luz Marlene Nieto Palomino
Jefe de Laboratorio

ANEXO L: REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO J1: Fotografías de evaluación de agregados

FOTOGRAFISA DE ENSAYOS EN AGREGADOS



Visita de cantera Vicho



Visita de cantera Vicho



Adquisición de agregado grueso



Adquisición de agregado fino



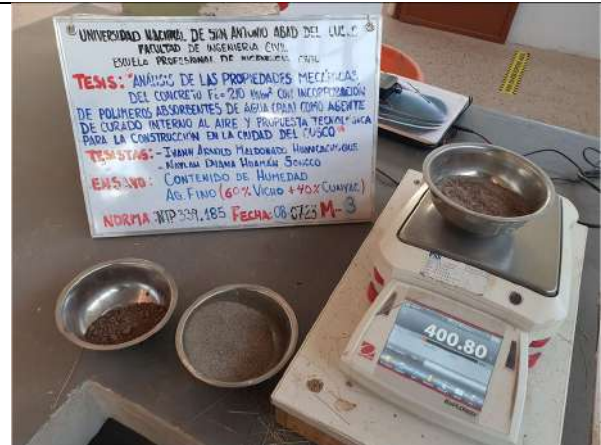
Granulometría agregado fino cantera vicho



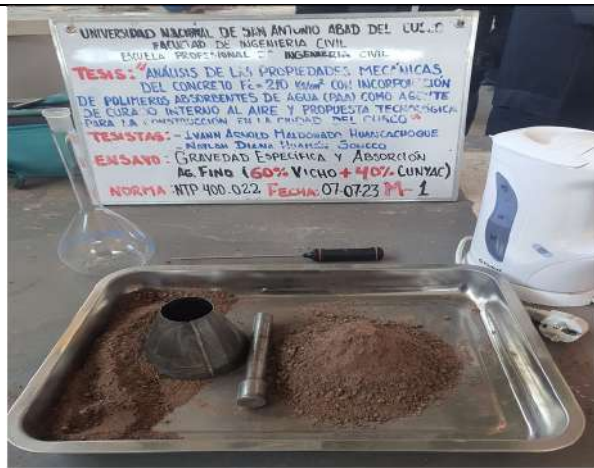
Granulometría agregado fino cantera cunyac



Granulometría de agregado fino combinado
(60% c.vicho + 40% c.cunyac)



Porcentaje de humedad



Peso específico de agregado fino



Peso unitario suelto y compactado agregado fino



Contenido de humedad agregado grueso



Granulometría agregado grueso



Gravedad específica agregado grueso



Peso unitario agregado grueso



Resistencia de la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles



Resistencia de la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles

ANEXO H2: Fotografías de evaluación del polímero absorbente de agua



Dimensionamiento y contenido de sorción de PAA



Dimensionamiento y contenido de sorción de PAA



Dimensionamiento y desorción de PAA



Dimensionamiento y desorción de PAA

ANEXO H3: Fotografías preparación de concreto y moldeo



Preparación de mezcla de concreto



Colocación de PAA en la mezcla de concreto



Temperatura de concreto



Temperatura de concreto



Medición del asentamiento del hormigón con el cono Abrams



Medición del asentamiento del hormigón con el cono Abrams



Contenido de aire de mezcla de concreto fresco



Contenido de aire de mezcla de concreto fresco



Colocado de concreto en moldes en moldes cilíndricos



Colocado de concreto en moldes en moldes cuadrado



Colocado de concreto en moldes en moldes para viga



Colocado de concreto en moldes en moldes para viga



Curado de concreto



Curado de concreto

ANEXO H4: Evaluación de concreto en estado endurecido



Desencofrado de cubos



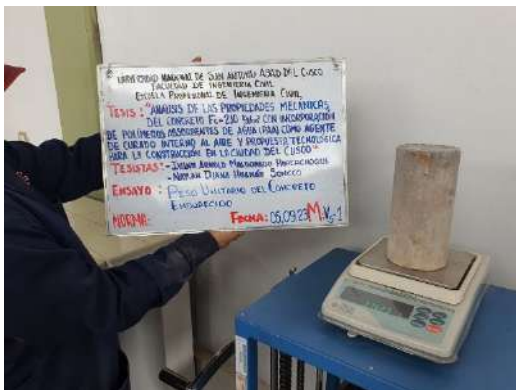
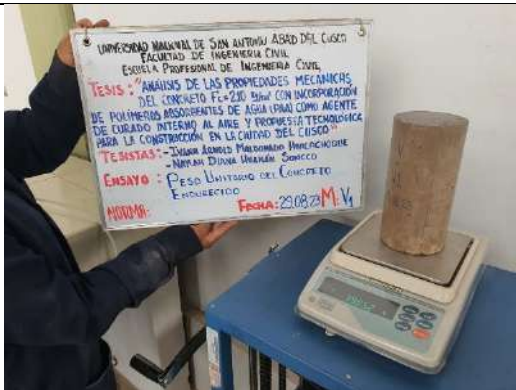
Medición de cambio volumétrico



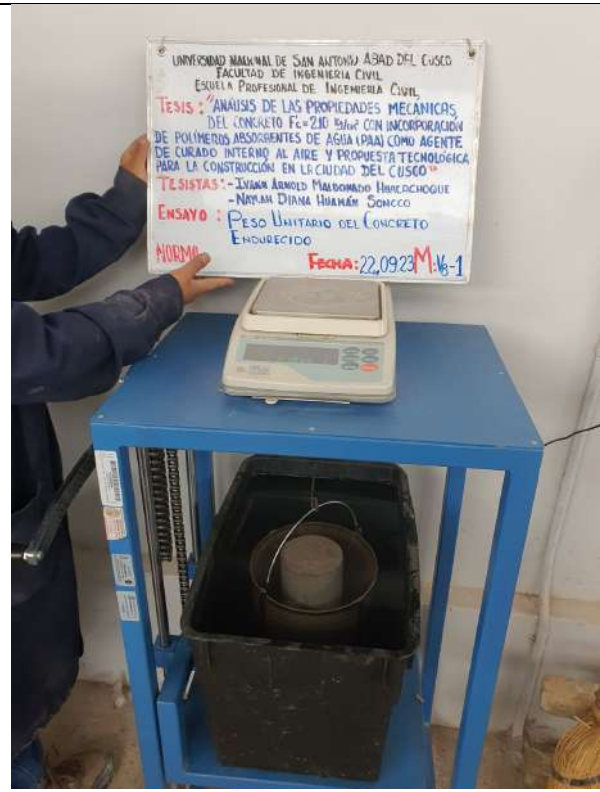
Rotura de yeso roca para capping



Dimensionamiento de testigos cilíndricos



Peso unitario de concreto endurecido



Peso unitario de concreto endurecido



Módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto



Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas



Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo



Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo



Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo



Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo



Esfuerzo de tensión por partida en especímenes cilíndricos de concreto



Esfuerzo de tensión por partida en especímenes cilíndricos de concreto



Corte para visualización de áreas transversal



Corte para visualización de áreas transversal



Corte de testigos cilíndricos patrón



Corte de vigas patrón



Corte de testigos cilíndricos con adición de 1.5%PAA



Corte de vigas con adición de 1.5%PAA



Corte de testigos cilíndricos con adición de 2.5%PAA



Corte de vigas con adición de 2.5%PAA



Corte de testigos cilíndricos con adición de 3.5%PAA



Corte de vigas con adición de 3.5%PAA