

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Variación del módulo de elasticidad del concreto con
reemplazo de cemento por caliza – Quisque – Huánuco, 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Campos Palacios, Cesar Augusto

ASESOR: Aguilar Alcántara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (x)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería de la Edificación

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (x)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73143990

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con
mención en dirección de empresas de la
construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001- 8392-1769
2	Tuanama Lavi, José Wicley	Maestro en gerencia publica	05860064	0000-0002- 5148-6384
3	Miraval Rojas, Biseth	Maestro en gestión y negocios, con mención en gestión de proyectos	47474699	0000-0001- 5605-3003



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
http://www.udh.edu.pe

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día viernes 09 de mayo de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. BISETH MIRAVAL ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI	SECRETARIO
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0870-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO CON EL REEMPLAZO DE CEMENTO POR CALIZA - QUISQUE- HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Cesar Augusto CAMPOS PALACIOS, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 16:10 horas del día 09 del mes de mayo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. BISETH MIRAVAL ROJAS
DNI: 47474699
ORCID: 0000-0001-5605-3003
PRESIDENTE

MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI: 05860064
ORCID: 0000-0002-5148-6384
SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: CESAR AUGUSTO CAMPOS PALACIOS, de la investigación titulada "Variación del módulo de elasticidad del concreto con el reemplazo de cemento por caliza - Quisque - Huánuco 2024", con asesor(a) LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1034-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 24 de marzo de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

144. Campos Palacios Cesar Augusto.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

qdoc.tips

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Este estudio es dedicado a mi padre **Samuel Cesar Campos Castro**, por haberse esforzado tanto por mí para poder ser un gran profesional, y a mi madrecita **Elizabeth Luz Palacios Delgado**, por haberme enseñado tantas cosas y haberme apoyado en todo.

AGRADECIMIENTO

A la universidad, mi alma mater durante este período, por permitir desarrollarme académicamente y contribuir a mi progreso profesional. A la Facultad, agradezco su contribución poder guiarme en este camino. Por último, a mi Asesor Mg. Ing. Leonel Marlo Aguilar Alcántara, mi gratitud especialmente por el respaldo constante, la orientación y la credibilidad que él mismo ha demostrado en mí durante el desarrollo de este estudio

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE TABLAS	VIII
ÍNDICE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	15
1.1. SITUACION PROBLEMÁTICA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO	23

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	24
2.2. BASES TEÓRICAS.....	26
2.2.1. TEORÍA DE LA ELASTICIDAD	26
2.2.2. MODULO DE ELASTICIDAD	27
2.2.3. CALCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.....	28
2.2.4. PIEDRA CALIZA.....	29
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	33
2.4. HIPÓTESIS	35
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
2.5. VARIABLES	35
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	35
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	36
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
CAPÍTULO III	38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.1. ENFOQUE.....	38
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	38
3.1.3. DISEÑO	38
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1. POBLACIÓN.....	40
3.2.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA	40

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	40
3.3.1. TÉCNICAS	40
3.3.2. INSTRUMENTOS.....	41
3.4. TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.5. TÉCNICAS PARA EL ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS	42
3.6. ASPECTOS ETICOS	43
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS	44
4.1. TRABAJO DE CAMPOS Y MUESTREO.....	44
4.1.1. CALIZA.....	44
4.1.2. AGREGADOS	50
4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPERIMENTACIÓN	51
4.2.1. CALIZA NATURAL	51
4.2.2. AGREGADO GRUESO	55
4.2.3. AGREGADO FINO	56
4.3. DISEÑO DE MEZCLA.....	57
4.3.1. CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL CONCRETO PATRÓN	57
4.3.2. CANTIDAD DE MATERIALES PARA LOS TESTIGOS EXPERIMENTALES.....	57
4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE TESTIGOS DE CONCRETO	58
4.5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIDOS EN LABORATORIO	63
4.5.1. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 03 DÍAS	63
4.5.2. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 07 DÍAS	67

4.5.3. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS	71
CAPÍTULO V.....	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	76
5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA CALIZA TRITURADA	76
5.3. DISEÑO DE MEZCLA.....	77
5.4. EFECTO DE LA CALIZA TRITURADA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.....	77
5.4.1. PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 03 DÍAS	77
5.4.2. PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 07 DÍAS	79
5.4.3. PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	89

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	37
Tabla 2 Resultado de análisis de difracción de rayos X	53
Tabla 3 Resultado de análisis por espectrometría de fluorescencia de rayos X.....	54
Tabla 4 Resumen de caracterización física del agregado grueso para diseño de mezcla.....	55
Tabla 5 Resumen de caracterización física del agregado fino para diseño de mezcla.....	56
Tabla 6 Cantidad de materiales por metro cubico de concreto corregido por humedad	57
Tabla 7 Cantidad de materiales por unidad de probeta cilíndrica de 4"x8"	57
Tabla 8 Resumen de resultados: mezclas con $R(a/c) = 0.65$, curados durante un periodo de 03 días	58
Tabla 9 Resumen de resultados: mezclas con $R(a/c) = 0.65$, curados durante un periodo de 07 días	59
Tabla 10 Resumen de resultados: mezclas con $R(a/c) = 0.65$, curados durante un periodo de 28 días	60
Tabla 11 Consolidado de resultados de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad	61
Tabla 12 Estadísticos descriptivos del módulo de elasticidad para 03 días de curado	63
Tabla 13 Prueba post hoc de HSD Tukey, de comparaciones múltiples.....	66
Tabla 14 Estadísticos descriptivos del módulo de elasticidad para 07 días de curado	67
Tabla 15 Prueba post hoc de HSD Tukey, de comparaciones múltiples.....	70
Tabla 16 Estadísticos descriptivos del módulo de elasticidad para 28 días de curado	71
Tabla 17 Prueba post hoc de HSD Tukey, de comparaciones múltiples.....	74

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Experimento y curva carga-desplazamiento	26
Figura 2 Relación entre esfuerzo – deformación unitaria	27
Figura 3 Ensayo ASTM C 469	29
Figura 4 Composición química de la caliza	30
Figura 5 Composición mineralógica de la caliza	30
Figura 6 Depósitos sedimentarios de minerales	31
Figura 7 Clasificación de las calizas por el contenido de carbonato de calcio	32
Figura 8 Colores característicos de la caliza	32
Figura 9 Muestreo	44
Figura 10 Afloramiento de caliza	45
Figura 11 Ubicación del proyecto	45
Figura 12 Extracción de muestras de caliza, Quisqui - Huánuco - 2024	46
Figura 13 Extracción de muestras de caliza, Quisqui - Huánuco - 2024	46
Figura 14 Muestreo afloramiento de caliza	47
Figura 15 Afloramiento de caliza	47
Figura 16 Extracción de muestras de caliza afloramiento	48
Figura 17 Muestreo afloramiento de caliza Putaga	48
Figura 18 Afloramiento de caliza Putaga	49
Figura 19 Extracción de muestras de caliza del afloramiento Putaga	49
Figura 20 Extracción de agregados en la localidad	50
Figura 21 Muestra para la trituración de la caliza natural mediante equipo de los Ángeles	51
Figura 22 Caliza triturada por equipo de los Ángeles	51
Figura 23 Tamizado de la caliza natural triturada	52
Figura 24 Caliza natural triturada, pasante por la malla No 200	52
Figura 25 Curva granulométrica del agregado grueso – NTP 400.012	55
Figura 26 Curva granulométrica del agregado fino – NTP 400.012	56
Figura 27 Medición de las dimensiones de la probeta cilíndrica de 4.0 pulgadas x 8.0 pulgadas	62
Figura 28 Visita a la municipalidad	62

Figura 29 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk, de los valores de módulo de elasticidad	65
Figura 30 Prueba paramétrica ANOVA de un factor entre el grupo de control y experimentales.....	65
Figura 31 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk, de los valores de módulo de elasticidad	69
Figura 32 Prueba paramétrica ANOVA de un factor entre el grupo de control y experimentales.....	69
Figura 33 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk, de los valores de módulo de elasticidad	73
Figura 34 Prueba paramétrica ANOVA de un factor entre el grupo de control y experimentales.....	73
Figura 35 Variación del módulo de elasticidad entre grupos para un tiempo de curado de 03 días.....	78
Figura 36 Variación del módulo de elasticidad entre grupos para un tiempo de curado de 07 días	80
Figura 37 Variación del módulo de elasticidad entre grupos para un tiempo de curado de 28 días	82

RESUMEN

El factor de los agentes contaminantes del medio ambiente a razón del incremento exponencial en las técnicas de fabricación del cemento y de las tecnologías para su amortiguamiento, son componentes de investigaciones con enfoques económicos y circunstanciales, donde la depreciación del proporción de Clinker, componente importante del cemento y a la vez mayor agente contaminante al instante de su manufactura, por añadiduras de minerales con carácter puzolánicos adquieren cada vez mayor excelencia. En la presente investigación se ensaya la viabilidad del empleo de la piedra caliza molida de la región Huánuco como sustitución parcial del cemento en la composición de concreto. La investigación es del tipo cuantitativa experimental, mediante una delineación experimental con posprueba únicamente y grupo de control con pruebas de varianza ANOVA, donde el factor ensayado es el módulo de elasticidad del concreto con diversificaciones en la proporción de sustitución parcial del cemento por caliza.

Probándose que la sustitución de cemento por caliza en los porcentajes del 5, 10 y 35%, ayudan a que el decremento del módulo de elasticidad no florezca tan grosero como inhibir únicamente cemento en estas proporciones, concluyéndose que, si coexiste una resistencia química de la caliza triturada en la composición de concreto, sin embargo, mediante el automatismo del software IBM SPSS Statistics 27, se manifestó que el decremento del módulo de elasticidad con afinidad a la composición patrón es estadísticamente significativa en el nivel 0.05, posteriormente se ampara la idea de no emplear la caliza de procedencia calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior y cuya integridad de pureza es del 70.72% de carbonato de calcio (CaCO_3), como componente cementicio alternativo, ya que, repercute de forma nociva en las evaluaciones de módulo de elasticidad del concreto.

PALABRAS CLAVE: Agentes contaminantes, incremento exponencial, fabricación del cemento, enfoques económicos y circunstanciales, añadiduras de minerales, ensaya la viabilidad, piedra caliza molida, sustitución parcial, composición de concreto.

ABSTRACT

The factor of environmental pollutants due to the exponential increase in cement manufacturing techniques and technologies for its mitigation are components of research with economic and circumstantial approaches, where the depreciation of the proportion of Clinker, an important component of cement and also the major pollutant at the moment of its manufacture, is further enhanced by the addition of minerals with pozzolanic character, achieving greater excellence. This research tests the feasibility of using ground limestone from the Huánuco region as a partial substitute for cement in concrete composition. The research is of an experimental quantitative type, through an experimental design with only post-tests and a control group with ANOVA variance tests, where the factor tested is the modulus of elasticity of concrete with variations in the proportion of partial cement substitution by limestone.

Proving that the substitution of cement with limestone in percentages of 5, 10, and 35% helps to prevent the decrease in the modulus of elasticity from being as pronounced as when solely inhibiting cement in these proportions, it is concluded that, while there coexists a chemical resistance of crushed limestone in the composition of concrete, the automation of IBM SPSS Statistics 27 revealed that the decrease in the modulus of elasticity relative to the standard composition is statistically significant at the 0.05 level, subsequently, the idea of not using the limestone of calcareous origin from the Pucará Group of the Upper Triassic - Lower Jurassic, which has a purity integrity of 70.72% calcium carbonate (CaCO_3), as an alternative cementitious component is supported, since it adversely affects the evaluations of the elastic modulus of concrete.

KEYWORDS: Pollutants, exponential increase, cement manufacturing, economic and circumstantial approaches, mineral additives, tests the feasibility, ground limestone, partial substitution, concrete composition.

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de construcción más usados a nivel mundial, razón por la cual, las nuevas investigaciones deben centrarse en que su diseño sea cada vez más económico y amigable con el medio ambiente, sin alterar sus propiedades mecánicas del mismo. Uno de los componentes del concreto es el cemento cuya fabricación es uno de los principales responsables de la contaminación ambiental del planeta, debido a la elevada emisión de CO₂ que este libera al medio ambiente, principalmente por el alto contenido de Clinker que el cemento necesita, cerca del 95%.

Ante esta situación las nuevas investigaciones buscan disminuir el porcentaje de Clinker en el cemento mediante el reemplazo de este por un material cementicio suplementario, que según Yanes (2014) lo define como materiales que, a través de su actividad de carácter hidráulico o puzolánico, contribuyen a mantener o incrementar las propiedades de los hormigones en su estado endurecido (p. 8). Existiendo diversos materiales alternativos se escogió la piedra caliza, ya que, según Yanes (2014) nos menciona que la producción de cementos con la incorporación de la piedra caliza como extensor del Clinker se ha diseminado de forma internacional. Europa y Canadá muestran una amplia producción desde los años 1990 (p. 13). Adicionalmente dicho material es abundante, barata y sin el costo ambiental asociado a la fabricación del Clinker.

Asimismo, el concreto presenta excelentes propiedades mecánicas por las cuales es requerido en las diversas obras de construcción. Entre dichas propiedades mecánicas tenemos su elevada resistencia a la compresión, relativamente alto módulo de elasticidad, baja porosidad, etc. Sin embargo, la presente investigación se centra únicamente en el estudio del módulo de elasticidad, siendo las otras propiedades objeto de otras investigaciones.

Para definir el concepto de módulo de elasticidad citaremos lo dicho por Yaipen (2002), que lo define como el cociente entre el crecimiento de esfuerzo, aplicado a un determinado material y la variación respecto a la deformación unitaria que se presenta, en la dirección de la aplicación del esfuerzo, también denominada ley de elasticidad de Hooke (p. 9).

Con todo lo mencionado en los párrafos anteriores, en la presente investigación se evalúa el efecto de la caliza, como material cementicio alternativo, en reemplazo parcial del cemento, siendo este la variable causa o independiente, para la elaboración de mezclas de concreto, donde se medirá el módulo de elasticidad del concreto, siendo este la variable efecto o dependiente.

Concluyéndose al final de la investigación si la caliza natural, de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior y cuya pureza es del 70.72% de carbonato de calcio (CaCO_3), puede ser usado como material cementicio alternativo o suplementario en la elaboración de mezclas de concreto.

CAPÍTULO I

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

1.1. SITUACION PROBLEMÁTICA

Actualmente el material de construcción más utilizado en el mundo y en nuestro país es el concreto. Si bien existen muchas definiciones semejantes, transcribo la caracterización de Rivva (2000):

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentra embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste. El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida (p. 08).

Las propiedades que hacen del hormigón un material ideal en la construcción son su resistencia a la compresión relativamente alta, alto módulo de elasticidad, baja porosidad, bajo índice de Poisson, etc. Según Rivva (2000), estas propiedades están determinadas por las propiedades físicas y químicas del hormigón, sus materiales constituyentes, se pueden entender mejor analizando las propiedades del hormigón (p. 08). En este estudio, se estudiará el módulo de elasticidad modificando las propiedades de la lechada de cemento utilizando piedra caliza triturada, que puede ocupar el cemento y/o. el espacio de agregados finos.

Respecto al módulo de elasticidad, Martínez y Azuaga (1997) lo define como la relación entre el aumento de la tensión y el cambio correspondiente a la tensión unitaria, que es una constante independiente de la tensión hasta que se excede el valor máximo del módulo elástico, llamado límite elástico (p. 01). Este valor describe la rigidez relativa del hormigón; es adecuado para el análisis del comportamiento mecánico utilizando diferentes teorías elásticas y

es importante para determinar las deflexiones de barras de acero y hormigón pretensado utilizados en estructuras de construcción.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP - E.060), el módulo de elasticidad del concreto (MPa) se calcula como $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$, donde f'_c es la resistencia a la compresión del concreto y pasó la prueba de laboratorio que se especifica en la norma American Society for Testing and Materials (ASTM C- 39).

Con respecto a la definición de piedra caliza, aceptamos la afirmación de Almanzar y Camargo (2016) de que las rocas carbonatadas están compuestas de calcita, el carbonato de calcio se extrae principalmente del agua de mar por organismos microscópicos y luego se deposita en capas, eventualmente se solidifica en roca (p. 22).

Otro dato importante sobre la piedra caliza es que su composición química es similar a la del cemento. Respecto al cemento (Comunidad 360 en Concreto, 2023) nos dicen que las materias primas utilizadas para la producción de Clinker deben contener: calcio (Ca), silicio (Si), aluminio (Al) y hierro (Fe). Existen en las materias primas en forma de óxidos: óxido de calcio (CaO), dióxido de silicio (SiO₂), etc. Piedra caliza: eso es seguro compuesta por grandes cantidades de carbonato cálcico (CaCO₃), un compuesto derivado del óxido de calcio presente en el cemento, es por tanto razonable sustituir la piedra caliza en el cemento.

Este estudio evaluó el módulo de elasticidad del hormigón utilizado para reemplazar el cemento. Para una relación agua-cemento dada, se utilizaron diferentes porcentajes de contenido de cemento de piedra caliza porque estudios previos han demostrado que estos valores pueden mantener o exceder el módulo elástico de muestras convencionales al valor en ausencia de piedra caliza.

Además, cabe señalar que este estudio se limitó a una relación agua / cemento de 0,65; lo que nos dio una resistencia a la compresión promedio de 217 kgf / cm². El porcentaje estimado de sustitución de cemento por piedra caliza es del 5 %, 10 % y 35 %. La piedra caliza utilizada proviene de la región de Huánuco en Perú.

Si la alternativa es viable, el uso de piedra caliza natural podría tener impactos económicos y ambientales buenos y ser adecuado para uso a gran escala en lugares donde el suministro de cemento procesado es difícil de adquirir, pero si el efecto no es bueno no permitiremos su uso por el impacto que tendrá en la mezcla de concreto, promoviendo así la investigación de materiales cementantes alternativos para reemplazar al cemento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- PG1: ¿Cuál será la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes mayores del 5% del cementante - Quisqui- Huánuco - 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- PE1: ¿Qué características tiene el módulo elástico con variaciones del cementante - Quisqui- Huánuco - 2024?

- PE2: ¿Qué características tiene el cementante con proporciones diferentes de caliza - Quisqui- Huánuco - 2024?

- PE3: ¿Qué características presentará el cementante con adición de caliza de alta pureza y densidad estándar - Quisqui- Huánuco - 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- OG1: Establecer la variación del módulo de elasticidad del concreto con el reemplazo de cemento por calizas en porcentajes mayores del 5% del cementante – Quisqui - Huánuco – 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- OE1: Determinar las características que tiene el módulo elástico con variaciones del cementante – Quisqui - Huánuco - 2024.

- OE2: Establecer las características que tiene el cementante con proporciones diferentes de caliza – Quisqui - Huánuco – 2024.

- OE3: Determinar las características que presentará el cementante con adición de caliza de alta pureza y densidad estándar – Quisqui - Huánuco – 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Existen muchas definiciones sobre la importancia del hormigón. Citando a Mamluk y Zaniewski (2009), el hormigón de cemento Portland es el material de construcción artificial más utilizado en el mundo. No se puede subestimar la importancia del hormigón en nuestra vida diaria. Se utiliza en edificios, puentes, túneles y otras estructuras (p. 211).

El uso generalizado del hormigón hace necesario comprender todas sus propiedades mecánicas, como el módulo de elasticidad, para fines de análisis y diseño estructural. De manera similar, Abanto (2009) mencionó la importancia del módulo de elasticidad. Las propiedades son las siguientes:

Un aspecto importante del análisis y diseño estructural involucra las deformaciones causadas por las cargas aplicadas a la estructura. Es importante evitar grandes deformaciones que impidan que la estructura cumpla con sus propósitos de seguridad, funcionales y estéticos.

Esto nos dice que el análisis y diseño estructural se realiza dentro del comportamiento elástico del hormigón, donde el conocimiento del módulo elástico es fundamental.

Además, en este estudio se modificará el aglutinante para mezclas de hormigón compuesto principalmente de cemento Portland.

Para el cemento Portland se debe considerar su producción Otero et al. (2016) nos dice lo siguiente:

Se estima que alrededor del 40 % del dióxido de carbono emitido a la atmósfera está relacionado con el consumo de energía, y el resto con el proceso de descomposición térmica de materias primas. Estas cifras indican que por este motivo existe la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ y por ello se están realizando investigaciones para mejorar o reducir las emisiones de CO₂ modificando el proceso de producción de Clinker utilizando materiales cementantes alternativos (p. 03). El material cementante alternativo que se está estudiando actualmente será la piedra caliza debido a que es un material poco conocido y mayoritariamente desechado por las plantas cementeras. La piedra caliza contiene

carbonato de calcio en su composición química, lo que sugiere que este material mejorará las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

Esta sustitución asegurará que el concreto modificado cumpla con los requisitos de las diversas normas que se considerarán. Al igual que el hormigón estructural, ofrece ventajas económicas y ambientales sobre el hormigón tradicional.

Por otro lado, para determinar su influencia en el comportamiento del módulo de elasticidad del concreto, se consideró la piedra caliza en lugar de otros materiales porque, según Tobón y Gómez (2008), nos dice lo siguiente, aunque la piedra caliza se agrega como aditivo para cementar el grado de actividad de Zhongshi ha sido debatido durante décadas, pero algunos autores creen que es un relleno más; no se trata sólo de aumentar los rendimientos y reducir los costos de producción. Otros, en cambio, creen que es reactivo y produce modificaciones químicas que provocan cambios en las propiedades físicas y mecánicas del cemento (p.178).

Esta pregunta será respondida en los resultados de este estudio sobre la piedra caliza de la región Huánuco, que determinará si se trata de un material cementante alternativo que puede sustituir parcialmente al cemento, y qué significa esto en beneficios económicos y ambientales.

Información adicional que necesita saber. Considerando lo que Otero (2016), sobre la producción de cemento Portland:

Su producción conduce a la degradación ambiental, principalmente debido a las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía relacionado, que representa alrededor del 5 % del consumo de cemento. El sector industrial supone el 7 % de la energía y las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Estos valores están relacionados fundamentalmente con la producción de Clinker. Por ello, la producción de cemento con adición de piedra caliza ha aumentado drásticamente en las últimas décadas, con el objetivo de reducir el consumo de materia prima y la energía necesaria para la producción de Clinker, al tiempo que se reducen las emisiones de CO₂ (p. 03).

Esta última información está respaldada por lo que dice Bonavetti (1998), quien nos dice lo siguiente:

La buena calidad del Clinker Portland producido en algunos países ha llevado a la adición de lo que se consideran ingredientes no tradicionales durante el proceso de molienda. Materiales, incluida la piedra caliza. Al añadir este tipo de material, es posible ahorrar significativamente energía y recursos naturales y reducir significativamente la contaminación ambiental, sin afectar las propiedades técnicas de la mezcla de cemento (p. 50).

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

El cemento es un material tan versátil e increíblemente útil cuando se trata de edificar diferentes tipos de estructuras, que se puede utilizar estos elementos ya hechos, o incluso los que se preparan en el momento, para ir armando la estructura general. Esto facilita muchísimo y además reduce el tiempo total de la obra, ya que con estos elementos de concreto, el trabajo fluye mucho más rápido, el concreto ha sido crucial en la construcción de las ciudades más importantes del mundo. Tiene esta capacidad única de adaptarse casi a cualquier forma imaginable, además de ser súper resistente, puede soportar mucha presión.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLOGICA

El estudio de los componentes del cemento asimismo con la adición de la caliza en verdad es un campo muy importante, uno que necesitamos cuidar con mucha atención, siempre. Para ver qué tan bien funciona la investigación, vamos a hacer un estudio que usa números (cuantitativo).

Se realizará mediante probetas para tener la información correspondiente, además así logramos tener datos concretos, números de verdad, que nos dicen cómo se comporta el cemento con la adición de la caliza porcentualmente sin alteración de los demás componentes. Así, podemos compararlos con los demás datos y con firmeza definir los beneficios y deficiencias de esta investigación con respecto a su impacto en la sociedad y realidad huanuqueña.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Aunque este estudio sí busca alternativas al hormigón convencional a base de cemento reemplazándolo parcialmente por piedra caliza y

asegurando que esta mezcla modificada cumpla con los requisitos físicos y mecánicos de los elementos estructurales.

En este caso, este estudio solo analizará el módulo del hormigón elástico, por lo que los resultados de este estudio no se pueden generalizar a otras propiedades físicas y mecánicas del hormigón convencional.

Se espera que esta investigación sea un punto de partida para futuros estudios para evaluar otras propiedades físicas. - Propiedades mecánicas del hormigón modificado con piedra caliza, identificando así a la piedra caliza como el mejor material para la elaboración de mezclas modificadas que cumplan con los requisitos de las normas existentes.

Además, los resultados de este estudio sólo pueden generalizarse o extrapolarse a la piedra caliza, con el fin de presentar las características que se identificarán en este estudio, es decir. Los resultados de este estudio diferirían para las calizas cuyas fuentes y propiedades difieren de las de este estudio.

Teniendo en cuenta los inconvenientes encontrados durante el diseño del estudio, se puede observar que surgieron dificultades en el análisis químico. Dado que no existe un laboratorio dedicado en la región de Huánuco para realizar estas pruebas, las muestras tuvieron que ser transportadas al Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima para su análisis.

Extracción de muestras de piedra caliza a medida que se realiza a lo largo de la carretera.

Sin embargo, vale la pena señalar que, aunque se encontraron dificultades durante el proceso de investigación, estas dificultades se superarán.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de este estudio está respaldada por varios factores clave. En primer lugar, el investigador está plenamente interesado y preparado para abordar las cuestiones teóricas y económicas que puedan surgir durante el proceso de investigación. Este compromiso asegura la dedicación necesaria para superar los obstáculos y alcanzar los objetivos del proyecto. Además, todos los datos recopilados por las estaciones meteorológicas se analizarán en detalle para garantizar su fiabilidad y precisión. Esto incluye un riguroso proceso de validación de datos para garantizar la confiabilidad de los

resultados. En general, la preparación de los investigadores y la atención a la integridad de los datos contribuyeron a la viabilidad y calidad de este estudio hidrológico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Un estudio realizado por Sprung y Siebel (1991) evaluó el efecto de agregar un 15.0 % de piedra caliza sobre la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados del estudio muestran que durante la primera etapa (días 2 y 7), la resistencia aumenta ligeramente, pero para el día 28, el valor de resistencia será igual al de la muestra estándar.

De manera similar, Menéndez y Triviño, continuando con investigaciones anteriores (1994), realizaron un estudio para evaluar las propiedades mecánicas del hormigón elaborado a partir de cemento compuesto que contiene hasta un 18.0 % de piedra caliza. Este estudio concluyó que la piedra caliza proporciona durabilidad temprana y que 7 días parecen ser suficientes para que el hormigón compuesto de cemento alcance propiedades mecánicas adecuadas. Esto nos llevó a recomendar en este estudio la adición de un 15.0 % o más de piedra caliza y evaluar el módulo elástico después de 7 y 28 días de curado.

Además, para reforzar lo planteado en el estudio anterior, Almanzar y Camargo (2016) estudiaron el hormigón modificado con caliza en proporciones del 5.0 %, 10.0 % y 30.0 %. Reemplazo parcial del cemento por piedra caliza utilizando piedra caliza con una pureza del 95.0 %, es decir, de alta pureza.

Una de las conclusiones de Almanzar y Camargo (2016) nos dice que se recomienda estudiar el comportamiento de una relación Agua/Cemento de 0,65 con porcentajes de calizas mayores a los estudiados, ya que tienden a aumentar su resistencia y módulo elástico (p. 56). Por lo tanto, en este estudio, el diseño de mezcla será un diseño con una relación agua-cemento de 0.65 y una tasa de sustitución mayor al 30.0 %.

Sin embargo, investigadores como Tobon y Cases (2008) han tenido un impacto negativo en la relación agua-cemento. Se realizó un estudio con diferentes calidades de caliza, concretamente (% CaCO_3), < 70.0 %,

70.0 – 80.0 % y > 80.0% para reemplazar el cemento. 15.0 %, 20.0 % y 25.0 % en peso de la estructura de la mezcla de cemento. Uno de los resultados del estudio realizado por Tobon y Cases (2008) fue que los modelos de concreto consistentemente tuvieron mayor resistencia a la compresión que el grupo experimental de muestras. Otro hallazgo de Tobon y Cases (2008) fue la piedra caliza de menor pureza tiene un impacto menos negativo sobre la resistencia a la compresión del hormigón.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Hasta el momento se ha demostrado que altos contenidos de piedra caliza (más del 15.0 %) pueden traer buenos resultados en cuanto a las propiedades mecánicas del concreto, sin embargo, Miller y Fuinza (2021) realizaron un estudio sobre concreto modificado con piedra caliza, donde utilizaron; agua Las proporciones de gris son 0,50 y 0,60; y las proporciones de cemento reemplazado por piedra caliza son 5.0 %, 10.0 % y 15.0 %. Crean que la piedra caliza se puede utilizar para reemplazar el cemento en una proporción baja.

Miller y Porcenza (2021) concluyeron que se pudo determinar el efecto de diferentes proporciones de relleno calizo como material cementoso alternativo: 5.0 %, 10.0 % y 15.0 %, obteniéndose resultados positivos en las pruebas de compresión como resultado; se obtienen valores superiores a 210.00 kg/cm², los más adecuados para su uso en estructuras de ingeniería civil, al mismo tiempo se han conseguido importantes mejoras en el ámbito económico (p. 82).

De manera similar, en Perú, las empresas cementeras Sol e Inka realizaron un estudio para comparar la efectividad de la piedra caliza utilizada para producir dos tipos diferentes de cemento comercial mediante pruebas de resistencia a la compresión, la tracción y la flexión endurecido en 3, 7, 14 y 28 días con relaciones Agua/Cemento de 0.45, 0.55 y 0.60.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

No se ha encontrado evidencia de investigaciones locales que permitan identificar materiales cementantes alternativos en la región Huánuco, por lo que este estudio pretende servir como punto de partida

para estudiantes, investigadores, etc. Interesado en las direcciones de investigación actuales.

Por ejemplo. Con base en los antecedentes anteriores, se obtuvieron resultados alentadores en cuanto a las propiedades mecánicas del concreto modificado con caliza, sin embargo, existe tal diferencia en cuanto al porcentaje máximo de cemento a reemplazar por caliza, ya que no existe una definición según lo anterior y viceversa; Algunos dicen que altos porcentajes de piedra caliza reemplazando al cemento producen buenos resultados, mientras que otros afirman que altos porcentajes afectan las propiedades mecánicas del hormigón. Por lo tanto, este estudio realizó una sustitución baja, media y alta de piedra caliza por cemento para aclarar esta incertidumbre en estudios anteriores.

Según esto, las proporciones de reposición del cemento son del 5.0 %, 10.0 % y 35.0 % respectivamente. Para calizas con una relación agua/cemento de 0,65.

Una vez más, este estudio es innovador en comparación con estudios anteriores. Por tanto, también se evaluarán grupos experimentales con una proporción reducida de cemento respecto al grupo control, pero en este caso no serán sustituidos por piedra caliza, es decir, presentarán -5.0 %, -10.0 % y -35.0 %. Esto se hizo para evaluar si la piedra caliza tenía algún efecto inhibitorio sobre la pérdida de propiedades mecánicas del concreto en caso de que los resultados mostraran una disminución en las propiedades mecánicas del concreto.

Además, se puede concluir a priori que la variabilidad en los resultados de estudios anteriores se debe que, al analizar el origen de cada tipo de caliza, hay que tener en cuenta que la composición química de la caliza varía debido a los diferentes orígenes de la piedra caliza. Por lo tanto, este estudio examinará las calizas originarias de la región Huánuco, cuyas características geológicas y químicas se describirán más adelante, para poder extrapolar este estudio a calizas con características similares y evaluar su factibilidad como material cementoso alternativo. Evaluado en mezclas de concreto.

2.2. BASES TEÓRICAS

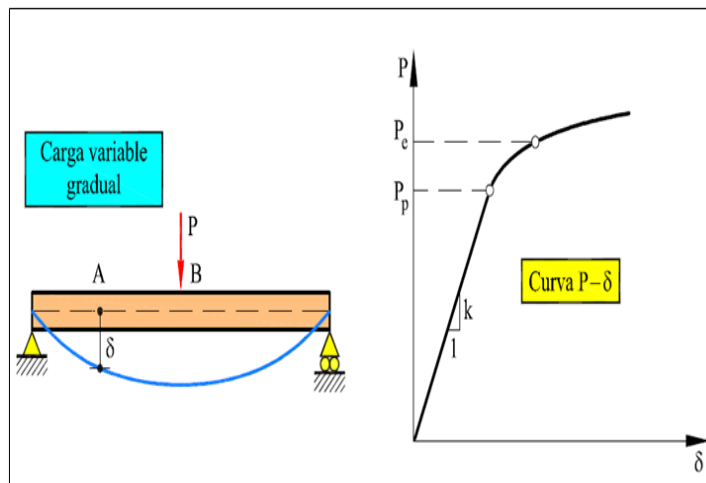
2.2.1. TEORÍA DE LA ELASTICIDAD

Comprender la teoría de la elasticidad es importante porque el módulo de elasticidad del hormigón (nuestra variable dependiente) se deriva de esta teoría. Diferentes autores han definido la teoría de la elasticidad; pero es discutida por Cervera y Blanco (2015), quienes la definen de la siguiente manera:

Todo sólido se deforma por la acción de fuerzas, y cuando la fuerza cesa, el objeto tiende a recuperarse; su forma original. Todos los sólidos tienen en mayor o menor medida esta tendencia, llamada elasticidad. De hecho, los sólidos ni siquiera son completamente inelásticos. La deformación que se produce incluye una parte de deformación elástica (que desaparece cuando cesa la fuerza aplicada) y una parte de deformación residual (que permanece en el futuro). En los sólidos granulados, si la fuerza no supera un determinado valor, la deformación residual es muy pequeña, por lo que estos sólidos pueden considerarse elásticos (p. 37). Resulta que los experimentos de Robert Hooke condujeron a una expresión matemática simplificada para caracterizar el comportamiento elástico lineal de un objeto.

Figura 1

Experimento y curva carga-desplazamiento



Nota. Se observa la viga simplemente apoyada cargada y su curva esfuerzo – deformación unitaria. Fuente: Cervera y Blanco (2015).

Según la Figura 1, en la curva tensión-deformación, P_e representa el límite elástico en el que todas las deformaciones causadas por la carga

P son elásticas hasta ese punto. De manera similar, P_p se conoce como límite proporcional, y para cargas menores o iguales a este, el desplazamiento es proporcional a la fuerza que provoca el desplazamiento. El último enunciado define el comportamiento elástico lineal y se conoce como ley de Hooke, establecida por Robert Hooke (1678) y su expresión matemática es la siguiente:

$$P = k\delta$$

donde P es la carga aplicada, k es la constante de proporcionalidad y δ es La deformación unitaria causada por la carga P.

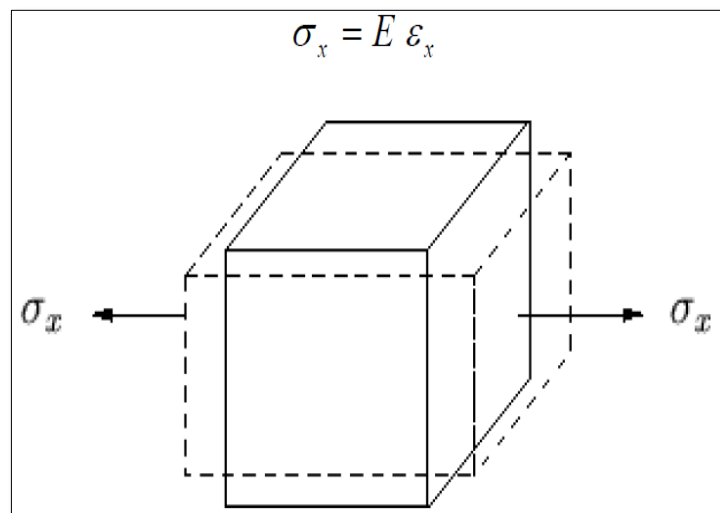
De manera similar, para el material de concreto que se está estudiando, es necesario recordar que no es un material perfectamente elástico, sino más bien un material perfectamente elástico. El concreto endurecido y moderadamente estresado tiene una curva de tensión unitaria de compresión, que es esencialmente una línea recta. en la región elástica.

2.2.2. MODULO DE ELASTICIDAD

Existen muchas definiciones sobre este problema, citaremos lo mencionado por Martínez y Azuaga (1997), quienes nos dicen que la relación entre el aumento de la tensión y el cambio correspondiente a la tensión unitaria se llama módulo elástico (p. 01). Para comprender lo anterior, la Figura 02 ilustra mejor los factores involucrados.

Figura 2

Relación entre esfuerzo – deformación unitaria



Nota. Se observa una fuerza perpendicular actuante sobre el cuerpo en dirección axial. Fuente: Martínez y Azuaga (1997).

Como se menciona en la teoría de la elasticidad, la ley de Hooke relaciona la deformación unitaria ε con la tensión normal que produce una tensión específica σ alta. Siempre que la fuerza aplicada al objeto no exceda el límite elástico, la relación entre la deformación unitaria y la tensión es lineal, y la relación está determinada por la elasticidad o módulo de Young (E).

Similar al módulo de Young. Para diferentes materiales o sustancias, Martínez y Azuaga (1997) afirman que el módulo de Young y el límite elástico difieren naturalmente para diferentes sustancias (p. 01).

Con base en lo mencionado y teniendo en cuenta, el comportamiento de deformación del material en realidad se considera lineal siempre que no se exceda el límite elástico, es decir, el módulo elástico se calcula fácilmente como la tangente de la línea tensión-deformación. En este estudio, nuestros materiales son específicos, A los efectos del análisis y diseño estructural, los materiales se consideran dentro de los límites de su comportamiento lineal elástico.

Además, es importante señalar que el diseñador debe comprender la rigidez de los elementos que componen una estructura determinada. (columnas, vigas, etc.), para lo cual nos remitimos a Martínez y Azuaga (1997) quienes afirmaron que la rigidez del material caracteriza la relación entre tensión y deformación, es decir, el módulo de Young, lo que demuestra la universalidad de este parámetro en el campo de construcción existe.

2.2.3. CALCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Para calcular el módulo de elasticidad del hormigón, Mamluk y Zaniwski (2009) nos dicen lo siguiente:

El módulo del tendón bajo compresión (llamado módulo de elasticidad) se utiliza más comúnmente para el hormigón y se determina según ASTM C 469. El método requiere de tres a cuatro ciclos de carga y descarga y luego determina el módulo del tendón entre un punto correspondiente a un valor de deformación muy pequeño y un punto correspondiente al 40.0 % de la tensión máxima o valor de deformación específica (p. 291).

En la figura 03, se muestra gráficamente el ensayo mencionado realizado en condiciones controladas de laboratorio

Figura 3
Ensayo ASTM C 469

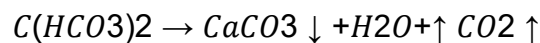


Nota. Se observa el ensayo ASTM C 469. Fuente: The Constructor (Building Ideas). <https://theconstructor.org/practical-guide/material-testing/concrete-testing/concrete-elastic-modulus-astm-c469/32064/>.

Generalmente el valor del módulo de elasticidad del concreto de peso normal varía entre 14.0 GPa y 40.0 GPa.

2.2.4. PIEDRA CALIZA

- Origen de las Calizas: Para determinar el origen de la piedra caliza citamos a Bayón (2006) quien nos dice que el término caliza se refiere a aquellas rocas que contienen más carbonatos que compuestos no carbonatados, la piedra caliza es una roca sedimentaria que puede producirse de forma química, orgánica o no; formados por procesos bioquímicos, pueden depositarse en océanos, lagos, ríos y tierra (p. 06). Cuando la piedra caliza se produce químicamente, sus reacciones químicas son las siguientes:



Las ecuaciones químicas nos dicen que el carbonato de calcio, principal componente de la piedra caliza, se forma por la liberación de agua H_2O y/o gas CO_2 dondequiera que se encuentren en océanos, lagos, piscinas, etc.

- Composición de las Calizas: La composición de la piedra caliza incluye el estudio de su composición química y mineralógica.

En cuanto a la composición química, la Figura 04 muestra los principales compuestos que componen la piedra caliza.

Figura 4
Composición química de la caliza

COMPONENTE (%)	CALIZA	CALIZA
SiO ₂	3,76	6,75
Al ₂ O ₃	1,10	0,71
Fe ₂ O ₃	0,66	1,47
CaO	52,46	49,80
MgO	1,23	1,48
K ₂ O	0,18	Indicios
Na ₂ O	0,22	Indicios
SO ₃	0,01	1,10
Pérdida al fuego	40,38	39,65

Nota. Se observa los principales componentes químicos de la caliza. Fuente: Bayón (2006).

Desde una perspectiva mineralógica, los principales minerales contenidos en la piedra caliza se muestran en la Figura 05.

Figura 5
Composición mineralógica de la caliza

	CALCITA	ARAGONITA	DOLOMITA	MAGNESITA
NOMENCLATURA	CaCO ₃	CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂	MgCO ₃
DESCRIPCIÓN	Mineral de alta pureza en carbonato de calcio.	La Aragonita es una forma inestable de la calcita y se encuentra por consiguiente, solo en materiales recientes.	Teóricamente está constituido por 54,2% de CaCO ₃ y 45,8% de MgCO ₃	Si se encuentra el MgCO ₃ en la caliza entre 5% á 35%, la caliza toma el nombre de Caliza Magnesia
ESTRUCTURA CRISTALINA	Romboidal	Ortorrónica	Romboidal	Romboidal
PESO MOLECULAR	100,1	100,1	184,4	84,3
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,72	2,94	2,83	3
DUREZA MOHS	3	2,9 - 3	3,5 - 4	3,5 - 4,5
COLOR	Puede ser de color transparente a blanco pero con frecuencia varia el matiz por las impurezas.	Usualmente de color blanco pero con frecuencia varia el color por las impurezas.	Usualmente de color transparente pero varia su color de rosado a bronce.	Su color varia de blanco-bronce a marrón.

Nota. Se observa los principales componentes mineralógicos de la caliza. Fuente: Bayón (2006).

- Clasificación de las Calizas: La piedra caliza se clasifica según la edad, el área de formación y el contenido de carbonato de calcio.

Para clasificar en función de la edad, Bayón (2006) nos dice que la determinación de la edad de las calizas se suele hacer mediante métodos paleontológicos, que determinan la edad de las calizas; determinación de la edad mediante restos fósiles o métodos físicos (p. 13).

Dependiendo de la región de origen, los ambientes depositacionales en los que se forman las calizas son: aguas costeras, costas y tierra firme.

Figura 6
Depósitos sedimentarios de minerales

AREA DE FORMACION		NOMENCLATURA	TIPO DE ROCA SEDIMENTARIA
TIERRA FIRME	Lago	Lacustre	Greda Piedra caliza Marga Arcilla
	Ríos	Fluvial	Grava Arena
	Glacial	Glacial	Arcilla
	Transporte del viento	Eólico	Loess Arena de dunas
	Suelo	Residual	Bauxita Laterita
ORILLA	Costa Laguna	Litoral Evaporación	Arena Yeso, Anhidrita
	Banco intermedio	Nerítico	Caliza (escolla arrecifes) Arenisca Marga
AGUAS COSTERAS	Declive continental	Batial	Caliza Marga Arcilla
MAR PROFUNDO	Grieta Submarina	Abismal	Arcilla

Nota. Se observa los ambientes sedimentarios de depósitos de minerales.
Fuente: Bayón (2006).

En cuanto a la clasificación de las calizas según su contenido de carbonato cálcico, ver Figura 07.

Figura 7

Clasificación de las calizas por el contenido de carbonato de calcio

CLASIFICACION	CONTENIDO DE CaCO_3
Caliza de alto porcentaje	96 – 100%
Caliza margosa	90 – 96%
Marga calcárea	75 – 90%
Marga	40 – 75%
Marga arcillosa	10 – 40%
Arcilla margosa	4 – 10%
Arcilla	0 – 4%

Nota. Se observa la clasificación por el contenido de carbonato de calcio. Fuente: Bayón (2006).

- Propiedades Físicas: Es necesario comprender las propiedades físicas de la piedra caliza, cuyo color cambia según la presencia de impurezas. La Figura 08 muestra algunos de los colores característicos de la piedra caliza.

Figura 8

Colores característicos de la caliza

COMPUESTOS Y/O MINERALES PRESENTES	COLOR EN CALIZAS
– Calizas ricas en calcio y calizas dolomíticas (puras)	Blanco
– Impurezas carbonosas	Gris – negro
– Oxido férrico	Amarillento, rojo y pardo
– Pirita, marcasita y siderita	Rojizo
– Arcillas	Amarillo – gris oscuro

Nota. Se observa los colores característicos de las calizas. Fuente: Bayón (2006).

Otra propiedad física de la piedra caliza a considerar es su textura, que es una propiedad geométrica definida por Bayón (2006) como la textura que consiste en el tamaño, la forma y la disposición de los fragmentos de roca que componen la piedra caliza (p. 18). Entre ellos

destacan los términos granular, angular, redondo, criptocristalino, etc. Describir la estructura granular de la piedra caliza.

Del mismo modo, la densidad es otra propiedad física de la piedra caliza. Se define como la relación entre el peso corporal y el volumen que ocupa. Además, Bayón (2006) nos dice la densidad de la piedra caliza varía dependiendo de la textura y porosidad de la roca. En condiciones de humedad, la densidad puede ser de 2.2420 kg/dm³ – 2,500 kg/dm³. La densidad real no tiene nada que ver. con los poros llenos de aire El rango es de 2,20 a 2,90 kg/dm³ (p. 19), donde kg / dm³ significa kilogramos por decímetro cúbico.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- Concreto de Cemento Portland: Varios autores han definido el hormigón de cemento Portland según Kosmatka et al (2004), quienes lo definieron como: “El hormigón (concreto) es esencialmente una mezcla de dos componentes: árido y lechada. Una pasta que consiste en cemento Portland y agua une los agregados (generalmente arena y grava) para formar una masa similar a una roca. Esto sucede debido a una reacción química entre el cemento y el agua que hace que la lechada se endurezca” (p. 01).

En este estudio, las barras de acero cilíndricas de hormigón de cemento Portland se producirán de acuerdo con los estándares internacionales.

- Cemento Portland: El cemento Portland es un aglutinante instantáneo, lo que significa que simplemente se agrega agua para iniciar el proceso de reacción química que se mezcla con el agregado para formar concreto. Además, entre sus materias primas de producción se encuentran la cal, el silicio, la alúmina y el óxido de hierro. Respecto al proceso de producción, se cita a Mamluk y Zanevsky (2009):

“La producción de cemento Portland comienza con dos materias primas: material calizo y material arcilloso. Los materiales calcáreos son el óxido de calcio, como la piedra caliza, el yeso o las conchas de ostra. Los materiales arcillosos son una combinación de silicio y aluminio y se pueden obtener a partir de arcilla, pizarra y escoria de alto horno. Los materiales se trituran y almacenan en silos. Las proporciones requeridas de materias primas se pasan a través del molino mediante un proceso de producción húmedo o seco. Los materiales triturados se almacenan hasta su envío al horno principal. En el

horno principal, las materias primas se funden a temperaturas entre 1400.00 °C y 1650.00 °C. Esto da como resultado la conversión de estos materiales en Clinker de cemento. El proceso final consiste en moler el clinker hasta obtener un polvo fino. Se agrega una pequeña cantidad de yeso durante el pulido para ajustar el tiempo de fraguado del cemento en el concreto” (p. 212).

- Modulo de Elasticidad del Concreto: Después de haber determinado la elasticidad o módulo de Young de los materiales en general, con base en la teoría de la elasticidad, en este artículo discutiremos específicamente el concreto. Algunos autores definen el módulo de elasticidad del hormigón; sin embargo, citaremos a Mamluk y Zanevsky (2009):

“El módulo de elasticidad del hormigón se utiliza habitualmente en el diseño de estructuras de hormigón. Dado que la relación tensión-deformación no es completamente lineal, no se aplica la definición clásica de módulo elástico. El módulo tangente inicial del hormigón no tiene importancia práctica. El módulo tangencial sólo es válido para pequeños niveles de tensión que determinan la tangente.

Los módulos secantes y de cuerda son los valores de módulo promedio para un rango de tensión específico. El módulo del tendón bajo compresión (llamado módulo de elasticidad) se usa más comúnmente en concreto y se determina de acuerdo con ASTM C 469. El módulo de elasticidad del hormigón de peso estándar oscila entre 14.0 y 40.0 GPa” (p. 291).

Concluimos que este estudio realizará pruebas según ASTM C 469 para determinar el módulo de elasticidad del concreto.

- Calizas en el Perú: Dado que la piedra caliza es nuestra variable independiente, es necesario saber cómo se extrajo aquí. Al respecto, Bayón (2016) nos dice que: “La caliza es el carbonato más abundante en el Perú; cerca de Lima, se extraen calizas cretácicas de las formaciones Atokongo y Chilca para cemento y otros usos” (p. 23). Además, la piedra caliza es una fuente material que puede ser utilizada como sustituto parcial del cemento en mezclas de concreto, solo falta determinar en qué medida se puede sustituir, ya que este es uno de los objetivos de este estudio (Bayón, 2016). nos dice que: “En el norte del Perú, la piedra caliza del Cretácico de la formación Cajamarca se utiliza para producir cemento y cal. El carbonato de calcio se

extrae en las montañas de Piura, y la piedra caliza sagrada del Cretácico inferior se extrae en la costa de Ancash” (p. 23).

La región Huánuco está ubicada en el centro del Perú, Bayón (2016), dice que: “Hay calizas Condorsinga del Jurásico en el centro del Perú, utilizadas para fabricar cemento, y calizas del Cretácico, utilizadas para fabricar cal” (p. 23). Esta descripción es la más cercana a la piedra caliza que se utilizará en este estudio.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- HG: La variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes mayores del 5% del cementante – Quisqui - Huánuco – 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- HE1: Las características que tiene el módulo elástico con variaciones del cementante se asemejan a los valores respecto del concreto convencional sin adición de caliza – Quisqui - Huánuco - 2024.

- HE2: Las características que tiene el cementante con proporciones diferentes de caliza se verán modificadas químicamente con respecto del concreto convencional – Quisqui - Huánuco – 2024.

- HE3: Las características que presentará el cementante con adición de caliza de alta pureza y densidad estándar modificarán su composición química con respecto al cementante convencional – Quisqui - Huánuco - 2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

El módulo de elasticidad del concreto varía para un mismo diseño de mezcla debido a diferentes factores como módulo de elasticidad de la matriz pasta, módulo de elasticidad de los agregados, porosidad de la mezcla, condiciones de la matriz de pasta, fracción volumétrica de los agregados, etc. En la presente investigación modificaremos únicamente el factor condiciones de la matriz pasta mediante reemplazo parcial del cemento por caliza.

La variable dependiente es:

Módulo de elasticidad del concreto.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable independiente es:

Piedra caliza.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Piedra Caliza	Definido como material mineral de origen natural cuyo componente principal es el carbonato de calcio. Así mismo, se clasifican según su composición química y física.	Variable Independiente	Por su composición química	Grado de pureza % CaCO ₃ .
			Por su composición física	Densidad en el rango de 2.15 – 2.20gr/cm ³
Módulo de Elasticidad del Concreto	Es una medida para determinar la capacidad que tiene el concreto de soportar la fuerza impuesta. Así mismo, se pueden clasificar de acuerdo al comportamiento del material ante la aplicación de cargas en elástico-lineal o inelástico-no lineal. Además de ello, por lo general presentan un rango de valores para diferentes tipos de concreto como: concreto convencional, autocompactante, de alta.	Variable Dependiente	Por su comportamiento	Elástico-lineal.
			Concreto Convencional	El módulo elástico varía de 14 a 40gpa

Nota. Matriz de operacionalización de variables.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Debido al tipo de datos utilizados, este es un estudio cuantitativo ya que usaremos valores como valores del módulo elástico y diferentes porcentajes de piedra caliza reemplazando al cemento en el mortero de cemento.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se clasificará según la propuesta de Hernández et al. (2000), de la siguiente forma:

Por su finalidad, este es un tipo de estudio aplicado, ya que profundiza en el estudio del módulo de elasticidad del hormigón ordinario y estima su valor.

Relativo a su nivel de profundidad. Este es un tipo de estudio relacionado porque el módulo de elasticidad del concreto está relacionado con diferentes relaciones de reemplazo de cemento por piedra caliza en mezclas convencionales.

Debido al grado de manipulación de las variables, este es un estudio de tipo experimental, ya que en el laboratorio se controlan las variables por el porcentaje de reemplazo del cemento calizo y su efecto sobre el módulo de elasticidad del concreto.

Debido a la naturaleza de la inferencia, este es un tipo de estudio inductivo, ya que comienza con algo pequeño (piedra caliza, según la numeral 4.2) para obtener resultados para sitios fuera de la región de Huánuco.

Según el momento del estudio, que fue transversal, porque el valor del módulo de elasticidad del hormigón es un valor relativo obtenido dentro de un determinado período de tiempo mediante pruebas de laboratorio.

3.1.3. DISEÑO

Según Hernández et al. (2000), el proceso de análisis cuantitativo para la recopilación de datos consta de ocho etapas. Luego

mencionaremos a cada uno de ellos y le diremos cómo llevaremos a cabo esta investigación.

En la primera etapa, Hernández et al. (2000) nos dice que debemos elegir un software de análisis de datos apropiado y asequible (p. 312). Este estudio utilizará el software Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 27 para analizar, gestionar y compartir información para tomar decisiones informadas.

En la Fase 2, Hernández et al. (2000) nos dice que debemos ejecutar el programa seleccionado en el paso anterior (p. 312), que en nuestro caso será Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 27, seleccionando la opción adecuada.

En la fase 3, Hernández et al. (2000) nos dice que deberíamos reexaminar la matriz que contiene los datos codificados para comprobar que no hay errores (p. 312). Esto se hará utilizando datos de variables independientes y dependientes para evitar errores de captura.

En el paso 4, Hernández et al. (2000) Se nos dice que hay que evaluar la confiabilidad y validez de los instrumentos de medición (p. 312). La confiabilidad y validez de los instrumentos de medición utilizados en este estudio han sido reconocidas por los estándares internacionales existentes y, por lo tanto, solo se verificó su ausencia de error y moderación.

En la Etapa 5 Hernández et al. (2000) nos dice que debemos explorar los datos: (a) analizar los datos descriptivamente en términos de variables, (b) visualizar los datos en términos de variables (p. 312). En este estudio se utilizará la variable independiente (porcentaje de cemento sustituido por piedra caliza) y la variable dependiente (módulo de elasticidad).

En el paso 6, Hernández et al. (2000) nos dice que debemos “Analizar las hipótesis propuestas utilizando pruebas estadísticas y visualizar la generalización de los resultados” (p. 312). Existe una variedad de pruebas estadísticas, y es necesario elegir de entre ellas aquella que corresponda a las condiciones de investigación propuestas (nivel de medición, forma de formular hipótesis e interés analítico). Para

responder a la pregunta de cómo se desarrollará la sexta fase; primero determinaremos el diseño de la investigación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Se seleccionará una muestra probabilística de la población de Hernández et al. (2000) lo define de la siguiente manera:

En el muestreo probabilístico, todas las unidades, casos o elementos de la población tienen inicialmente la misma probabilidad de ser seleccionados para formar la muestra, y la muestra se obtiene determinando las características de la población y las probabilidades correspondientes. tamaño. Muestreo y selección aleatoria de unidades de muestreo (p. 200)

De acuerdo con este concepto, se seleccionará una muestra de probabilidad relativa a la muestra de piedra caliza, es decir, un número igual de muestras seleccionadas al azar de tres depósitos de piedra caliza en el área de Huánuco. Con esto se pretende generalizar o extrapolar los resultados de este estudio, que se llevará a cabo en la región de Huánuco sobre piedra caliza que cumpla con las especificaciones descritas en la Sección 3.1.

De manera similar, las muestras de concreto hidráulico estarán compuestas por 105 muestras de concreto preparadas en el laboratorio. Este valor se debe a que existen siete grupos entre el grupo control y el grupo experimental. Cada experimento se evaluó con 3 tiempos de curado y 5 repeticiones, lo que resultó en $3 \times 5 \times 7 = 105$ muestras

3.2.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

El muestro se realizará sistemático.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS

El método de obtención de datos son pruebas de laboratorio estandarizadas, cuyos resultados nos permitirán medir las variables independientes y dependientes.

La instrumentación y mediciones que se deben tomar son muy importantes porque Hernández et al. (2000) nos dice que cualquier herramienta de medición o recolección de datos cuantitativos debe cumplir tres requisitos básicos: confiabilidad, validez y objetividad (p. 228).

Además, el campo de la medición ha seguido desarrollándose en los últimos años, produciendo resultados. Más confiable. Acevedo (2014) nos dice que en el campo actual de la medición existen tecnologías y dispositivos electrónicos que permiten el uso de instrumentos electrónicos para monitorear, medir y controlar el proceso de obtención de variables físicas, pudiendo así obtener mejores resultados de una forma más sencilla. Procedimiento (p. 49), que describe lo anterior.

3.3.2. INSTRUMENTOS

Este estudio utilizará el método de observación, que consiste en observar y registrar sistemáticamente el comportamiento y las propiedades de la variable dependiente. En este estudio, la variable dependiente es un módulo. La elasticidad del hormigón.

Se realizarán pruebas de laboratorio para determinar el valor de la variable dependiente: Método de prueba estándar para el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson del hormigón en compresión (ASTM C 469).

Para la variable independiente (porcentaje de caliza), los compuestos contenidos en la caliza serán estudiados mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X y análisis de difracción de rayos X en el LABICER - Laboratorio NACIONAL de la Facultad de Ciencias de la Universidad Politécnica de Lima, Perú.

Para identificar y caracterizar los agregados se realizan las siguientes pruebas: Análisis granulométrico (NTP 400.012), Gravedad específica y absortividad (NTP 400.021 y NTP 400.022), Porcentaje de humedad (NTP 339.185), Gravedad específica aparente y compactada en laboratorio (NTP 400.017).

En cuanto a la herramienta de recolección de datos que se utilizará en este estudio, será una guía observacional que nos permitirá comprender mejor la resiliencia. Propiedades elásticas del hormigón modificado con piedra caliza.

3.4. TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los métodos, técnicas y herramientas para recopilar datos experimentales mencionados en la Sección 3.6 están estandarizados por la comunidad científica internacional. Asimismo, se verifica la calibración de los equipos de laboratorio mediante pruebas preliminares.

Esto garantiza el cumplimiento de los requisitos de medición. Según Hernández et al (2000), nos dice que cualquier medida o instrumento utilizado para recopilar datos cuantitativos debe cumplir tres requisitos básicos: confiabilidad, validez y objetividad (p. 228).

3.5. TÉCNICAS PARA EL ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS

Para darle una idea del proceso de investigación, se enumeran los pasos que se deben seguir durante el proceso de investigación.

- Revisión bibliográfica del estado del conocimiento sobre el hormigón con adición de cal.
- Se generarán comentarios en función de los ingredientes contenidos en el hormigón y la piedra caliza.
- Si el laboratorio realiza experimentos y pruebas de materiales en la variable dependiente, se crearán permisos, es decir, permisos de laboratorio.
- Se calcularán las dimensiones del cemento y la piedra caliza y se realizarán las pruebas necesarias para obtener los resultados calculados esperados en este estudio.
- El cálculo de la proporción de mezcla de concreto ordinario utilizará una hoja de cálculo EXCEL para determinar la cantidad de material con una proporción de agua-cemento de 0,65.
- La proporción de mezcla de concreto es 5.0 %, 10.0 % y 35.0 % con piedra caliza en lugar de cemento. Utilice la tabla EXCEL para determinar la cantidad de material con una proporción agua-cemento de 0.65.

- En el laboratorio se prepararán muestras de hormigón cilíndricas de 4.0 pulgadas x 8.0 pulgadas.

- Se probarán muestras cilíndricas, es decir, las pruebas necesarias, como el módulo de elasticidad, se realizarán de acuerdo con ASTM C 469.

- Se verificarán los datos y resultados obtenidos por el laboratorio. Aquí es donde se recopilan los datos generados por la muestra de prueba cilíndrica.

- Después de la fase experimental, se analizarán y compararán los métodos utilizados y los materiales utilizados.

- Los datos obtenidos del hormigón de sustitución de piedra caliza se compararán con los datos del hormigón convencional para probar las hipótesis propuestas en el estudio.

- Finalmente, de los resultados del análisis se extraerán conclusiones y sugerencias para futuras investigaciones.

3.6. ASPECTOS ETICOS

En este caso, los principios y valores morales, son quienes, orientan el trabajo de la investigación, estos principios y valores, actúan como una especie de cuidado, una herramienta para asegurar que la investigación se hace de manera responsable, con mucha integridad sin perjudicar a nadie, ya sean los participantes o la comunidad en general de Quisque, Huánuco.

Puede haber brechas éticas que, francamente, traigan problemas al desarrollo de la investigación así mismo como dañar la reputación, que le quiten el financiamiento propio e, incluso, que termine legales con la comunidad en general.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. TRABAJO DE CAMPOS Y MUESTREO

4.1.1. CALIZA

Se seleccionaron muestras de piedra caliza al azar de cantidades iguales de los sitios mineros listados en INGEMMET (2006). Estos puntos son:

- Afloramiento de Caliza Tramo Puente Durand

Se puede llegar desde la ciudad de Huánuco por la carretera nacional 18N, en un tiempo aproximado de 2.0 horas y 30.0 minutos. Específicamente el punto donde se extrajo la muestra aleatoriamente se ubica en Quisqui Huánuco – 2024. Las coordenadas de ubicación y elevación UTM utilizando el elipsoide WGS 84 para la Región 18 del hemisferio sur son: X: 395436.00, Y: 8950137.00, Altitud: 787.00 metros horizontales.

Figura 9
Muestreo



Nota. Se observa el punto de muestreo aleatorio, Quisqui – Huánuco – 2024
Fuente: Google Earth.

Figura 10
Afloramiento de caliza



Nota. Se observa el afloramiento de caliza, Quisqui- Huánuco – 2024.

Figura 11
Ubicación del proyecto



Nota. Visitando la ubicación del proyecto.

Figura 12

Extracción de muestras de caliza, Quisqui - Huánuco - 2024



Nota. Se observa el desplazamiento de ladera para la extracción de muestras.

Figura 13

Extracción de muestras de caliza, Quisqui - Huánuco - 2024

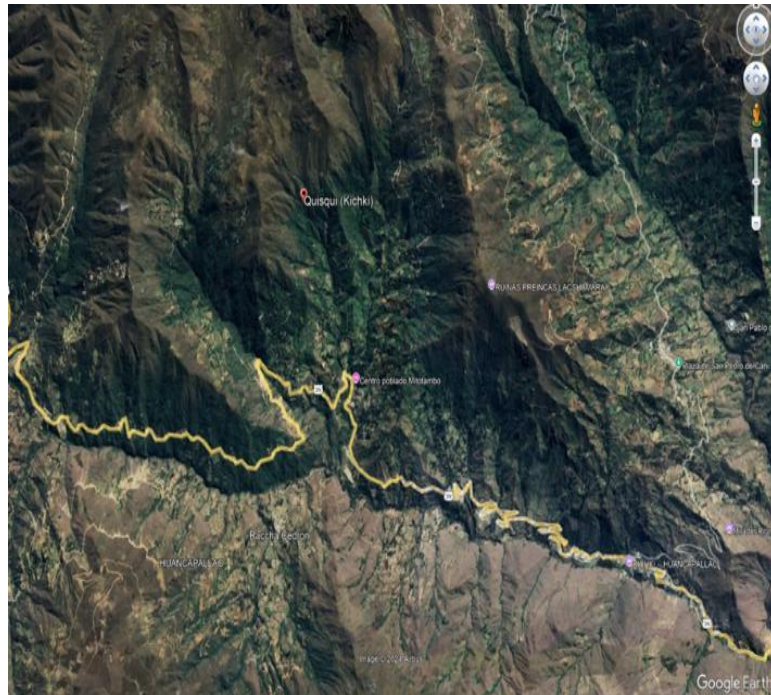


Nota. Se observa la extracción de muestras de aproximadamente 40 kg.

- Afloramiento de Caliza

El sitio es accesible desde la ciudad de Huánuco a través de la Carretera Nacional 3 N, la cual está parcialmente pavimentada con asfalto y conduce a la zona de Quisque - Huánuco - 2024.

Figura 14
Muestreo afloramiento de caliza



Nota. Se observa el punto de muestreo aleatorio del afloramiento. Fuente: Google Earth.

Figura 15
Afloramiento de caliza



Nota. Se observa el afloramiento de caliza.

Figura 16

Extracción de muestras de caliza afloramiento



Nota. Se observa la extracción de muestras de aproximadamente 40.00 kg.

- Afloramiento de Caliza Putaga

Desde la ciudad de Huánuco hasta la provincia de Ambo por la carretera nacional asfaltada No. 3 N, desde la provincia de Ambo hasta la región de Huácar por un camino de tierra, y finalmente desde la región de Waqaar hasta la aldea de Putaga por una carretera asfaltada, la mayor parte de la longitud del camino es de unos 64.00 kilómetros, con una duración de 3.00 horas 15.00 minutos. Específicamente, el punto de muestreo aleatorio se ubicó en la aldea de Putaga, distrito de Kaina, provincia de Ambo.

Las coordenadas UTM de esta ubicación son X: 346218.00, Y: 8875366.00, altitud: 4261.00 msnm.

Figura 17

Muestreo afloramiento de caliza Putaga



Nota. Se observa el punto de muestreo aleatorio del afloramiento Putaga.
Fuente: Google Earth.

Figura 18
Afloramiento de caliza Putaga



Nota. Se observa el afloramiento de caliza Putaga.

Figura 19
Extracción de muestras de caliza del afloramiento Putaga



Nota. Se observa la extracción de muestras de aproximadamente 40.00 kg.

4.1.2. AGREGADOS

Los agregados utilizados en este estudio fueron piedra triturada como agregado grueso en la mezcla de concreto y arena gruesa como agregado fino en la mezcla de concreto. Las unidades son del pueblo de Quisqui Huánuco. Se debe tener en cuenta que la influencia de los agregados en la mezcla de concreto de este estudio se mantiene constante, es decir, el factor agregado es una variable interviniente. La siguiente figura muestra el origen y extracción de los áridos. En este estudio la cantidad de agregado grueso y fino seleccionado es de 0,5 m³. Esta cantidad se utiliza para pruebas de caracterización de agregados, pruebas preliminares de diseño de mezcla y pruebas finales de cilindros de concreto.

Figura 20

Extracción de agregados en la localidad



Nota. Se observa la extracción de agregados de la cantera ubicada en la localidad.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPERIMENTACIÓN

4.2.1. CALIZA NATURAL

- Finura

En cuanto a la finura que debe tener la piedra caliza natural, Bonavetti (1998) sugiere que el porcentaje que pasa solo por las aberturas del tamiz No. 1 debe ser menor a 75.00 μm (micras). 200, correspondientes a 74.00 micras, correspondientes a la sugerencia de Bonavetti. (1998). La siguiente figura ilustra el proceso de ejecución.

Figura 21

Muestra para la trituración de la caliza natural mediante equipo de los Ángeles



Nota. Se observa la finalización y extracción de la caliza.

Figura 22

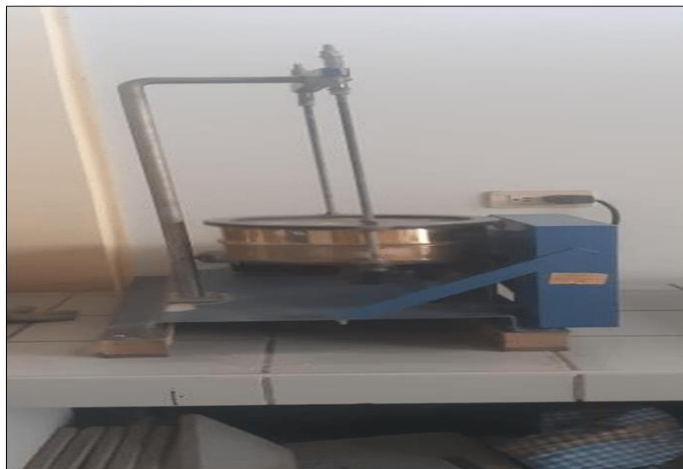
Caliza triturada por equipo de los Ángeles



Nota. Se observa la caliza triturada por el equipo de los Ángeles.

Figura 23

Tamizado de la caliza natural triturada



Nota. Se observa el tamizado de la caliza natural triturada por la malla N° 200.

Figura 24

Caliza natural triturada, pasante por la malla No 200



Nota. Se observa el producto final del tratamiento de la caliza, donde se tamizó hasta una cantidad de 10.00 kg.

- Composición Química

La caracterización química, cuantitativa y cualitativa de muestras de calizas naturales se realizó en el laboratorio LABICER de la Facultad de Ciencias y Matemáticas de la Universidad Nacional utilizando fracciones que pasaron por el tamiz No. 1. 200 y difractor de rayos X PANALYTICAL EMPYREAN. Se utilizan técnicas de difracción de rayos X para proporcionarnos información sobre los compuestos que componen la muestra de piedra caliza molida, y se utiliza la

espectroscopia de fluorescencia de rayos X para proporcionarnos información sobre la composición química expresada en los óxidos. De esta forma, caracterizamos completamente la composición química de las muestras de piedra caliza triturada.

La Tabla 03 y la Tabla 04 muestran los resultados del análisis químico.

Tabla 2

Resultado de análisis de difracción de rayos X

ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA EXPRESADA EN OXIDOS			
PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO DE REFERENCIA
Óxido de hierro, <i>Fe₂O₃</i>	0.982	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de potasio, <i>K₂O</i>	0.352	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de estroncio, <i>SrO</i>	0.338	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de azufre, <i>SO₃</i>	0.418	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de zirconio, <i>ZrO₂</i>	0.022	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de calcio, <i>CaO</i>	75.532	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de magnesio, <i>MgO</i>	14.491	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de silicio, <i>SiO₂</i>	5.84	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva
Óxido de aluminio, <i>Al₂O₃</i>	2.027	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 3*Resultado de análisis por espectrometría de fluorescencia de rayos X*

ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X			
PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO DE REFERENCIA
Carbonato de calcio (calcita), $CaCO_3$	70.72	%	Difracción de Rayos X
Carbonato de magnesio y calcio (dolomita), $CaMg(CO_3)_2$	26.99	%	Difracción de Rayos X
Óxido de silicio (Cuarzo), SiO_2	1.97	%	Difracción de Rayos X
Hidróxido fluoruro de óxido de potasio, sodio magnesio, aluminio, hierro, silicio, y titanio (Moscovita) $K_{0.865}Na_{0.135}Mg_{0.04}Ti_{0.01}Fe_{0.09}Al_{2.84}Si_{3.045}O_{10}(OH)_{1.945}F_{0.055}$	0.32	%	Difracción de Rayos X

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Como se puede observar en la Tabla 03, los compuestos con mayores porcentajes son carbonato de calcio (calcita), $CaCO_3$, 70.72 % y carbonato de magnesio y carbonato de calcio (dolomita), $CaMg(CO_3)_2$, 26.99 %, que son compuestos típicos de este químico. La composición de la piedra caliza es natural. Por otro lado, el contenido de carbonato de calcio muestra el porcentaje de pureza de la piedra caliza, que es del 70,72 %. También es el ingrediente principal en la producción de cemento y se encuentra principalmente en la piedra caliza utilizada como materia prima.

Antes de mencionar los componentes principales, el nivel de óxidos contenidos en la composición de nuestras muestras de piedra caliza, citando a Yáñez (2014) sobre la composición química promedio del cemento Portland, afirmo que forma 62.50 % de CaO (Combinado con cal), 21.00 % SiO_2 (sílice), 6,50 % Al_2O_3 (aluminio), 2,50 % Fe_2O_3 (hierro) y algunos otros (p. 06). Estos compuestos, especialmente el óxido de calcio CaO , están presentes en la mayor proporción de la piedra caliza, lo que los hace útiles en la investigación como sustitutos del material de cemento.

En nuestro caso, la Tabla 04 muestra que el componente que contiene óxidos, CaO , es la mayor proporción de nuestra composición de

piedra caliza. 75,532 %, 14,491 % óxido de magnesio, MgO , 5,84 % óxido de silicio, SiO_2 y 2,027 % óxido de aluminio, Al_2O_3 .

4.2.2. AGREGADO GRUESO

El agregado grueso se caracteriza por realizar ensayos estandarizados para determinar la composición de las mezclas de concreto. La Tabla 5 muestra los resultados resumidos y la Figura 25 muestra las curvas de tamaño de partícula.

Tabla 4

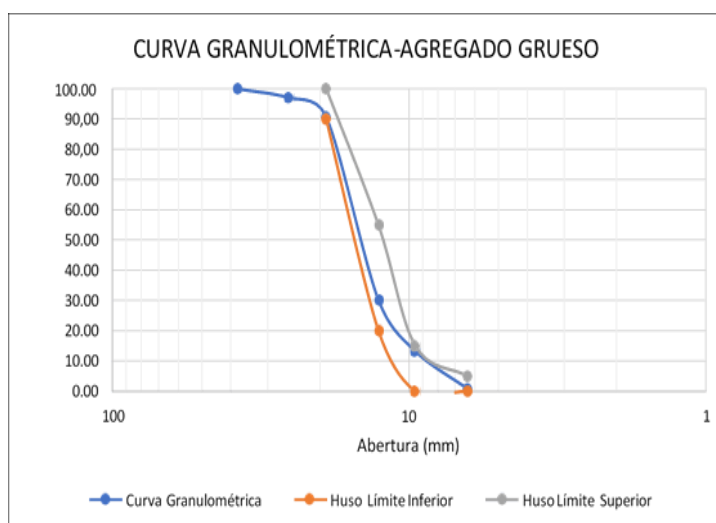
Resumen de caracterización física del agregado grueso para diseño de mezcla

CARACTERIZACION DEL AGREGADO GRUESO			
Propiedades Físicas	Valores	Unidades	Normativa
Contenido de humedad	0.40	%	NTP 339.185
Porcentaje de absorción	1.11	%	NTP 400.022
Peso específico de masa	2.74	gr/cm ³	NTP 400.021
Peso unitario suelto	1347.54	kg/m ³	NTP 400.017
Peso unitario compactado	1491.24	kg/m ³	NTP 400.017

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Figura 25

Curva granulométrica del agregado grueso – NTP 400.012



Nota. Se observa la curva granulométrica del agregado grueso mediante la norma NTP 400.012.

El tamaño máximo del agregado fue de 1.0 pulgadas y el tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ pulgadas, determinados a través del análisis granulométrico. Asimismo, el módulo de fineza fue de 1.95 %.

4.2.3. AGREGADO FINO

El agregado fino se caracteriza por la realización de ensayos estandarizados para determinar la composición de las mezclas de concreto. La Tabla 06 muestra los resultados resumidos y la Figura 26 muestra la curva de tamaño de partícula.

Tabla 5

Resumen de caracterización física del agregado fino para diseño de mezcla

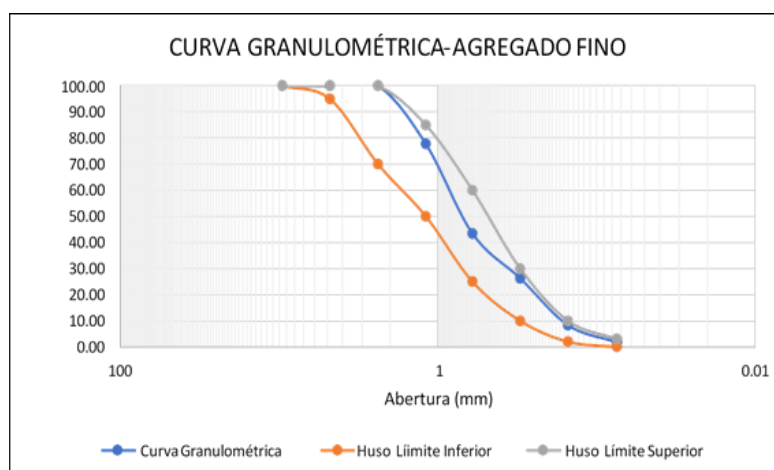
CARACTERIZACION DEL AGREGADO FINO

Propiedades Físicas	Valores	Unidades	Normativa
Contenido de humedad	2.653	%	NTP 339.185
Porcentaje de absorción	3.3	%	NTP 400.022
Peso específico de masa	2.4	gr/cm3	NTP 400.021
Peso unitario suelto	1393.29	kg/m3	NTP 400.017
Peso unitario compactado	1611.51	kg/m3	NTP 400.017

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Figura 26

Curva granulométrica del agregado fino – NTP 400.012



Nota. Se observa la caracterización del agregado fino para el diseño de mezcla.

Asimismo, el módulo de fineza para el agregado fino fue de 2.44 %, determinado mediante el análisis granulométrico.

4.3. DISEÑO DE MEZCLA

Luego de calcular las propiedades físicas del agregado, se calculó la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto $f'_c = 210 \text{ kgf / cm}^2$. Para calcular las cantidades de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua, se utiliza el método del comité ACI - 211 para el diseño de mezclas. Los cálculos completos de la composición de la mezcla se proporcionan en el apéndice de este estudio.

4.3.1. CANTIDAD DE MATERIALES PARA EL CONCRETO PATRÓN

Después de calcular la relación de mezcla de concreto con resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kgf / cm}^2$, se obtiene la cantidad de material utilizado por metro cúbico de concreto después de ajustar el contenido de humedad del agregado. Estos valores se dan en la Tabla 06.

Tabla 6

Cantidad de materiales por metro cubico de concreto corregido por humedad

DOSIFICACION DE AGREGADOS POR METRO CUBICO DE CONCRETO		
Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	307.69	kg/m ³
Agregado fino	799.10	kg/m ³
Agregado grueso	982.20	kg/m ³
Agua	211.91	lt/m ³

Nota. Se observa los resultados obtenidos en la dosificación.

4.3.2. CANTIDAD DE MATERIALES PARA LOS TESTIGOS EXPERIMENTALES

La Tabla 7 muestra la cantidad de material por unidad para muestras cilíndricas de 4 x 8 pulgadas para muestras estándar y experimentales.

Tabla 7

Cantidad de materiales por unidad de probeta cilíndrica de 4"x8"

Grupos de Control y Experimentales	Cemento	Caliza	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
Grupo de control: caliza (0%) + cemento (100%)	0.483	0.000	1.255	1.542	0.333
Grupo experimental 1: caliza (5%)	0.459	0.024	1.255	1.542	0.333

+cimento (95%)					
Grupo experimental 2: caliza (10%) +cimento (90%)	0.435	0.048	1.255	1.542	0.333
Grupo experimental 3: caliza (35%) +cimento (65%)	0.169	0.314	1.255	1.542	0.333
Grupo experimental 4: caliza (0%) +cimento (95%)	0.459	0.000	1.255	1.542	0.333
Grupo experimental 5: caliza (0%) +cimento (90%)	0.435	0.000	1.255	1.542	0.333
Grupo experimental 6: caliza (0%) +cimento (65%)	0.314	0.000	1.255	1.542	0.333

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE TESTIGOS DE CONCRETO

Para cada prueba experimental, se realizaron cinco réplicas, correspondientes a muestras cilíndricas de 4 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de espesor diámetro alto. La relación agua-cemento (a/c) es de 0,65 y el tiempo de curado equivale al período de curado de muestras cilíndricas de 3, 7 y 28 días.

Los resultados de la determinación del módulo de elasticidad y los cálculos correspondientes se dan en el Apéndice III, resumido en las Tablas 09, 10, 11 y resumido en la Tabla 12. Además, la secuencia de prueba se muestra en las Figuras 27 y 28.

Tabla 8

Resumen de resultados: mezclas con $R(a/c) = 0.65$, curados durante un periodo de 03 días

Codificación	R a/c	Reemplazo (%)	Curado (días)	Diámetro Promedio del Molde (cm)	Altura Promedio del Molde (cm)	Resistencia a la Compresión f'_c (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)
MC-01	0.65	0	3	10.12	20,21	115.88	85758.49
MC-02	0.65	0	3	10.12	20,21	112.04	88356.83
MC-03	0.65	0	3	10.11	20,21	113.80	100782.34
MC-04	0.65	0	3	10.12	20,21	117.08	89204.19
MC-05	0.65	0	3	10.11	20,21	118.36	90812.91
ME-01	0.65	5	3	10.11	20,21	97.03	87359.56
ME-02	0.65	5	3	10.11	20,21	104.16	113818.43
ME-03	0.65	5	3	10.11	20,21	99.79	73086.87
ME-04	0.65	5	3	10.11	20,21	98.42	86405.43
ME-05	0.65	5	3	10.11	20,21	96.93	85016.70
ME-01	0.65	10	3	10.11	20,21	92.41	49460.09
ME-02	0.65	10	3	10.10	20,21	93.13	82047.48

ME-03	0.65	10	3	10.11	20,21	97.67	66411.36
ME-04	0.65	10	3	10.11	20,21	103.09	65174.09
ME-05	0.65	10	3	10.11	20,21	96.24	71452.22
ME-01	0.65	35	3	10.11	20,21	45.92	54093.95
ME-02	0.65	35	3	10.11	20,21	48.32	53989.21
ME-03	0.65	35	3	10.11	20,21	46.76	42084.46
ME-04	0.65	35	3	10.11	20,21	44.76	42481.68
ME-05	0.65	35	3	10.11	20,21	49.45	47727.91
ME-01	0.65	-5	3	10.12	20,21	104.96	80813.54
ME-02	0.65	-5	3	10.12	20,21	105.57	90619.67
ME-03	0.65	-5	3	10.12	20,21	104.02	85420.42
ME-04	0.65	-5	3	10.11	20,21	108.56	93377.99
ME-05	0.65	-5	3	10.12	20,21	100.09	91192.62
ME-01	0.65	-10	3	10.12	20,21	87.03	56769.55
ME-02	0.65	-10	3	10.12	20,21	85.14	62864.31
ME-03	0.65	-10	3	10.13	20,21	85.18	58888.93
ME-04	0.65	-10	3	10.12	20,21	88.05	74654.50
ME-05	0.65	-10	3	10.12	20,21	90.45	73413.52
ME-01	0.65	-35	3	10.12	20,21	34.06	55235.24
ME-02	0.65	-35	3	10.11	20,21	33.40	38684.14
ME-03	0.65	-35	3	10.12	20,21	35.01	48798.19
ME-04	0.65	-35	3	10.12	20,21	29.49	44064.63
ME-05	0.65	-35	3	10.12	20,21	43.22	43592.17

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 9

Resumen de resultados: mezclas con $R(a/c) = 0.65$, curados durante un periodo de 07 días

Codificación	Ra/c	Reemplazo (%)	Curado (días)	Diámetro Promedio del Molde (cm)	Altura Promedio del Molde (cm)	Resistencia a la Compresión f_c (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)
MC-01	0.65	0	7	10.12	20.20	144.56	113051.83
MC-02	0.65	0	7	10.11	20.20	149.85	139637.57
MC-03	0.65	0	7	10.12	20.20	141.19	105891.11
MC-04	0.65	0	7	10.11	20.20	136.76	127294.31
MC-05	0.65	0	7	10.11	20.20	140.13	107405.67
ME-01	0.65	5	7	10.11	20.20	140.70	123498.71
ME-02	0.65	5	7	10.11	20.20	130.24	107800.06
ME-03	0.65	5	7	10.10	20.20	136.59	109081.74
ME-04	0.65	5	7	10.11	20.20	127.61	102890.01
ME-05	0.65	5	7	10.11	20.20	131.86	145665.51
ME-01	0.65	10	7	10.11	20.20	129.43	89601.64
ME-02	0.65	10	7	10.11	20.20	125.37	91811.17
ME-03	0.65	10	7	10.10	20.20	112.73	90558.04
ME-04	0.65	10	7	10.11	20.20	108.87	87613.92
ME-05	0.65	10	7	10.11	20.20	112.27	86996.94
ME-01	0.65	35	7	10.11	20.20	58.71	72505.98
ME-02	0.65	35	7	10.11	20.20	57.45	78615.11
ME-03	0.65	35	7	10.10	20.20	56.34	83694.08
ME-04	0.65	35	7	10.11	20.20	65.37	68540.98

ME-05	0.65	35	7	10.10	20.20	61.22	70315.29
ME-01	0.65	-5	7	10.13	20.20	132.42	127174.61
ME-02	0.65	-5	7	10.12	20.20	134.27	95805.85
ME-03	0.65	-5	7	10.12	20.20	127.05	109293.72
ME-04	0.65	-5	7	10.12	20.20	129.19	124645.46
ME-05	0.65	-5	7	10.12	20.20	133.28	95059.88
ME-01	0.65	-10	7	10.12	20.20	105.50	77907.38
ME-02	0.65	-10	7	10.12	20.20	102.87	84844.33
ME-03	0.65	-10	7	10.12	20.20	102.99	76624.80
ME-04	0.65	-10	7	10.12	20.20	104.69	89096.89
ME-05	0.65	-10	7	10.12	20.20	109.44	85382.17
ME-01	0.65	-35	7	10.12	20.20	44.85	55934.47
ME-02	0.65	-35	7	10.12	20.20	44.73	61183.40
ME-03	0.65	-35	7	10.11	20.20	42.98	55012.15
ME-04	0.65	-35	7	10.12	20.20	48.89	76222.07
ME-05	0.65	-35	7	10.11	20.20	47.28	68857.32

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 10

Resumen de resultados: mezclas con $R(a/c) = 0.65$, curados durante un periodo de 28 días

Codificación	Ra/c	Reemplazo (%)	Curado (días)	Diámetro Promedio del Molde (cm)	Altura Promedio del Molde (cm)	Resistencia a la Compresión f'_c (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)
MC-01	0.65	0	28	10.12	20,21	220.42	180663.19
MC-02	0.65	0	28	10.11	20,21	228.86	175486.62
MC-03	0.65	0	28	10.12	20,21	221.90	198097.58
MC-04	0.65	0	28	10.11	20,21	210.24	177809.24
MC-05	0.65	0	28	10.11	20,21	205.43	170843.77
ME-01	0.65	5	28	10.11	20,21	182.00	165011.37
ME-02	0.65	5	28	10.11	20,21	198.82	156275.16
ME-03	0.65	5	28	10.11	20,21	188.07	149820.55
ME-04	0.65	5	28	10.11	20,21	192.25	164893.23
ME-05	0.65	5	28	10.11	20,21	204.11	168900.83
ME-01	0.65	10	28	10.11	20,21	184.29	110455.80
ME-02	0.65	10	28	10.10	20,21	182.16	117485.20
ME-03	0.65	10	28	10.12	20,21	179.92	122110.45
ME-04	0.65	10	28	10.06	20,21	181.06	129686.78
ME-05	0.65	10	28	10.11	20,21	181.22	112327.25
ME-01	0.65	35	28	10.11	20,21	97.98	111093.05
ME-02	0.65	35	28	10.12	20,21	97.42	99150.63
ME-03	0.65	35	28	10.10	20,21	96.70	95878.03
ME-04	0.65	35	28	10.11	20,21	96.59	104742.21
ME-05	0.65	35	28	10.11	20,21	100.82	100015.66

ME-01	0.65	-5	28	10.12	20,21	184.96	122670.58
ME-02	0.65	-5	28	10.11	20,21	199.62	149483.53
ME-03	0.65	-5	28	10.12	20,21	185.45	163132.93
ME-04	0.65	-5	28	10.12	20,21	208.83	144763.70
ME-05	0.65	-5	28	10.12	20,21	194.93	134917.42
ME-01	0.65	-10	28	10.12	20,21	164.80	112838.97
ME-02	0.65	-10	28	10.13	20,21	182.93	109213.53
ME-03	0.65	-10	28	10.11	20,21	168.17	116716.05
ME-04	0.65	-10	28	10.13	20,21	177.42	119110.28
ME-05	0.65	-10	28	10.12	20,21	170.72	99739.49
ME-01	0.65	-35	28	10.13	20,21	74.36	100373.33
ME-02	0.65	-35	28	10.12	20,21	77.55	87714.31
ME-03	0.65	-35	28	10.12	20,21	70.57	89788.93
ME-04	0.65	-35	28	10.13	20,21	74.78	96189.02
ME-05	0.65	-35	28	10.12	20,21	72.96	98271.31

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 11

Consolidado de resultados de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad

Descripción	Edad (días)	f'c, Promedio Obtenido (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad Promedio, Ec (kgf/cm2)	Ec, Promedio Según RNE (kgf/cm2)	Variación de Ec, Promedio Respecto al RNE
Grupo de Control: caliza (0%) +cemento (100%)	3	115.43	90982.95	161152.33	43.53%
	7	142.50	118656.10	179037.75	33.76%
	28	217.37	180580.08	221109.68	18.33%
Grupo Experimental 1: caliza (5%) +cemento (95%)	3	99.27	89137.40	149434.59	40.42%
	7	133.40	117787.21	173222.18	32.02%
	28	193.05	160980.23	208371.70	22.73%
Grupo Experimental 2: caliza (10%) +cemento (90%)	3	96.51	66909.05	147329.59	54.57%
	7	117.73	89316.34	162663.12	45.05%
	28	181.73	118413.10	202209.63	41.43%
Grupo Experimental 3: caliza (35%) +cemento (65%)	3	47.04	48075.44	102862.14	53.28%
	7	59.82	74734.29	115972.44	35.40%
	28	97.90	102175.92	148413.43	31.15%

Grupo Experimental 4: caliza (0%) +cemento (95%)	3	104.64	88284.85	153427.61	42.45%
	7	131.24	110395.91	171831.42	35.71%
	28	194.76	142993.63	209278.76	31.65%
Grupo Experimental 5: caliza (0%) +cemento (90%)	3	87.17	65318.16	140037.72	53.36%
	7	105.10	82771.11	153767.20	46.17%
	28	172.81	111523.66	197149.13	43.41%
Grupo Experimental 6: caliza (0%) +cemento (65%)	3	35.04	46074.87	88613.86	47.80%
	7	45.75	63441.88	101428.63	37.59%
	28	74.04	94467.38	129057.86	26.80%

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Figura 27

Medición de las dimensiones de la probeta cilíndrica de 4.0 pulgadas x 8.0 pulgadas



Nota. Se observa la medición del diámetro de la probeta mediante un calibre Vernier.

Figura 28

Visita a la municipalidad



Nota. Se observa la finalización de la visita

4.5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIDOS EN LABORATORIO

Con el uso del programa IBM SPSS Statistics 27, se procesaron los datos por separado para los tiempos de curado de 3, 7 y 28 días.

4.5.1. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 03 DÍAS

Estos registros corresponden al grupo control y a los seis grupos experimentales.

Estos registros se compilaron en una hoja de cálculo de Excel, que se muestra en la Tabla 09, y luego se exportaron a IBM SPSS Statistics 27 para su análisis.

La Tabla 12 muestra los datos del módulo elástico procesados.

Por ejemplo, para el módulo elástico, el valor medio para el grupo de control fue 90.982,95 Kgf / cm², desviación estándar 5775,22 Kgf / cm², valor mínimo 85758,49 kgf / cm², valor máximo 100782,34 kgf / cm²

Tabla 12
Estadísticos descriptivos del módulo de elasticidad para 03 días de curado

ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS		
PORCENTAJE REEMPLAZO	ESTADISTICO	MOULO DE ELASTICIDAD
-35,00	Media	46074.8740
	Mediana	44064.6300
	Varianza	39039151.110
	Desviación estándar	6248.13181
	Mínimo	38684.14
	Máximo	55235.24
-10,00	Media	65318.1620
	Mediana	62864.3100
	Varianza	68284302.318
	Desviación estándar	8263.43163
	Mínimo	56769.55
	Máximo	74654.50
	Media	88284.8480

-5,00	Mediana	90619.6700
	Varianza	25968004.551
	Desviación estándar	5095.88114
	Mínimo	80813.54
	Máximo	93377.99
0,00	Media	90982.9520
	Mediana	89204.1900
	Varianza	33353108.414
	Desviación estándar	5775.21501
	Mínimo	85758.49
5,00	Máximo	100782.34
	Media	89137.3980
	Mediana	86405.4300
	Varianza	223594324.695
	Desviación estándar	14953.07074
10,00	Mínimo	73086.87
	Máximo	113818.43
	Media	66909.0480
	Mediana	66411.3600
	Varianza	139384110.783
35,00	Desviación estándar	11806.10481
	Mínimo	49460.09
	Máximo	82047.48
	Media	48075.4420
	Mediana	47727.9100
	Varianza	34624476.908
	Desviación estándar	5884.25670
	Mínimo	42084.46
	Máximo	54093.95

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Los datos del módulo se analizaron de manera similar para determinar la normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk. En la Figura 29 se muestran los resultados del análisis de normalidad de los datos. Se puede observar que los valores de significancia tanto del grupo control como del grupo experimental superan el 0.05, por lo que se puede concluir que su distribución se distribuye normalmente.

Figura 29

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk, de los valores de módulo de elasticidad

Pruebas de normalidad							
	PORCENTAJE_REEMPLAZO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MÓDULO_ELASTICIDAD	-35,00	,226	5	,200 [*]	,962	5	,822
	-10,00	,236	5	,200 [*]	,867	5	,256
	-5,00	,277	5	,200 [*]	,914	5	,492
	,00	,312	5	,126	,839	5	,161
	5,00	,347	5	,048	,854	5	,208
	10,00	,242	5	,200 [*]	,963	5	,830
	35,00	,243	5	,200 [*]	,836	5	,154
* . Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Por lo tanto, una vez confirmado el supuesto de normalidad de los datos del módulo elástico, los parámetros poblacionales pueden analizarse mediante pruebas paramétricas.

El ANOVA paramétrico unidireccional entre el grupo de control y el grupo experimental se muestra en la Figura 30, con un nivel de significancia de 0,05.

Figura 30

Prueba paramétrica ANOVA de un factor entre el grupo de control y experimentales

ANOVA					
MÓDULO_ELASTICIDAD					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.111E+10	6	1851803045	22,973	<.001
Dentro de grupos	2256989915	28	80606782.68		
Total	1.337E+10	34			

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Los valores calculados con base en la prueba ANOVA paramétrica unidireccional con un nivel de significancia de 0.05 indican que existe una

diferencia significativa en los valores del módulo elástico de los grupos control y experimental.

Sin embargo, la representación de la prueba paramétrica no muestra en detalle qué grupos son tan significativamente diferentes.

Por lo tanto, además de la prueba ANOVA paramétrica unidireccional, también utilizaremos la prueba post HSD de Tukey, que realiza pruebas entre grupos para realizar comparaciones múltiples.

En la Tabla 13 Muestra los resultados de la prueba posterior de Tukey HSD.

Tabla 13
Prueba post hoc de HSD Tukey, de comparaciones múltiples

COMPARACIONES MÚLTIPLES				
VARIABLE DEPENDIENTE: MÓDULO DE ELASTICIDAD				
(I) PORCENTAJE_REEM PLAZO		DIFERENCIA DE MEDIAS (I-J)	ERROR ESTÁNDAR	SIG.
-35.00	-10,00	-19243,28800	5678.26673	0.030
	-5,00	-42209,97400	5678.26673	0.000
	0,00	-44908,07800	5678.26673	0.000
	5,00	-43062,52400	5678.26673	0.000
	10,00	-20834,17400	5678.26673	0.016
	35,00	-2000.56800	5678.26673	1.000
	-35,00	19243,28800	5678.26673	0.030
-10.00	-5,00	-22966,68600	5678.26673	0.006
	0,00	-25664,79000	5678.26673	0.002
	5,00	-23819,23600	5678.26673	0.004
	10,00	-1590.88600	5678.26673	1.000
	35,00	17242.72000	5678.26673	0.067
	-35,00	42209,97400	5678.26673	0.000
	-10,00	22966,68600	5678.26673	0.006
-5.00	0,00	-2698.10400	5678.26673	0.999
	5,00	-852.55000	5678.26673	1.000
	10,00	21375,80000	5678.26673	0.012
	35,00	40209,40600	5678.26673	0.000
	-35,00	44908,07800	5678.26673	0.000
	-10,00	25664,79000	5678.26673	0.002
	-5,00	2698.10400	5678.26673	0.999
0.00	5,00	1845.55400	5678.26673	1.000
	10,00	24073,90400	5678.26673	0.004
	35,00	42907,51000	5678.26673	0.000

	-35,00	43062,52400	5678.26673	0.000
	-10,00	23819,23600	5678.26673	0.004
	-5,00	852.55000	5678.26673	1.000
5.00	0,00	-1845.55400	5678.26673	1.000
	10,00	22228,35000	5678.26673	0.008
	35,00	41061,95600	5678.26673	0.000
	-35,00	20834,17400	5678.26673	0.016
	-10,00	1590.88600	5678.26673	1.000
	-5,00	-21375,80000	5678.26673	0.012
10.00	0,00	-24073,90400	5678.26673	0.004
	5,00	-22228,35000	5678.26673	0.008
	35,00	18833,60600	5678.26673	0.036
	-35,00	2000.56800	5678.26673	1.000
	-10,00	-17242.72000	5678.26673	0.067
	-5,00	-40209,40600	5678.26673	0.000
35.00	0,00	-42907,51000	5678.26673	0.000
	5,00	-41061,95600	5678.26673	0.000
	10,00	-18833,60600	5678.26673	0.036

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio

4.5.2. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 07 DÍAS

Los registros se compilaron en una hoja de cálculo de Excel, que se muestra en la Tabla 10, y luego se exportaron a IBM SPSS Statistics 27 para su análisis.

Imagen. La Tabla 14 muestra estadísticas descriptivas de los datos de manejo de resiliencia. Por ejemplo, para el grupo de control del módulo elástico, la media es 118.656,10 kgf / cm², la desviación estándar es 14.454,81 kgf / cm², el valor mínimo es 105.891,11 kgf / cm² y el valor máximo es 139.637,57 kgf / cm².

Tabla 14

Estadísticos descriptivos del módulo de elasticidad para 07 días de curado

ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS		
PORCENT AJE REEMPLA ZO	ESTADISTICO	MODULO DE ELASTICIDAD
	Media	63441.8820

-35,00	Mediana	61183.4000
	Varianza	81295632.880
	Desviación estándar	9016.40909
	Mínimo	55012.15
	Máximo	76222.07
-10,00	Media	82771.1140
	Mediana	84844.3300
	Varianza	28141091.057
	Desviación estándar	5304.81772
	Mínimo	76624.80
-5,00	Máximo	89096.89
	Media	110395.9040
	Mediana	109293.7200
	Varianza	233463234.66
	Desviación estándar	15279.50374
0,00	Mínimo	95059.88
	Máximo	127174.61
	Media	118656.0980
	Mediana	113051.8300
	Varianza	208941435.62
5,00	Desviación estándar	14454.80666
	Mínimo	105891.11
	Máximo	139637.57
	Media	117787.2060
	Mediana	109081.7400
10,00	Varianza	301818946.00
	Desviación estándar	17372.93717
	Mínimo	102890.01
	Máximo	145665.51
	Media	89316.3420
35,00	Mediana	89601.6400
	Varianza	4031310.481
	Desviación estándar	2007.81236
	Mínimo	86996.94
	Máximo	91811.17
	Media	74725.2880
	Mediana	72505.9800
	Varianza	39345963.662
	Desviación estándar	6272.63610
	Mínimo	68540.98
	Máximo	83649.08

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Asimismo, se analizó la normalidad de los datos del módulo elástico mediante la prueba de Shapiro Wilk. En la Figura 31 se muestran los resultados del análisis de normalidad de los datos. Se puede observar que los valores de significancia tanto del grupo control como del grupo

experimental superan el 0.05, por lo que se puede concluir que su distribución se distribuye normalmente.

Figura 31

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk, de los valores de módulo de elasticidad

Pruebas de normalidad							
	PORCENTAJE_REEMPLAZO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MÓDULO_ELASTICIDAD	-35,00	,199	5	,200 [*]	,911	5	,476
	-10,00	,252	5	,200 [*]	,905	5	,439
	-5,00	,230	5	,200 [*]	,858	5	,221
	,00	,251	5	,200 [*]	,887	5	,343
	5,00	,292	5	,190	,860	5	,228
	10,00	,202	5	,200 [*]	,948	5	,725
	35,00	,238	5	,200 [*]	,922	5	,542

^{*}. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Por lo tanto, después de confirmar el supuesto de normalidad de los datos del módulo elástico, se utilizaron pruebas paramétricas para analizar los parámetros de la población.

El ANOVA paramétrico unidireccional entre el grupo de control y el grupo experimental se muestra en la Figura 32, donde el nivel de significancia es 0,05.

Figura 32

Prueba paramétrica ANOVA de un factor entre el grupo de control y experimentales

ANOVA					
MÓDULO_ELASTICIDAD					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.448E+10	6	2413166943	18,831	<.001
Dentro de grupos	3588150457	28	128148230.6		
Total	1.807E+10	34			

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Cuando los valores calculados se probaron utilizando ANOVA paramétrico unidireccional, el nivel de significancia fue 0,05; lo que indica que los valores del módulo elástico del grupo de control fueron significativamente diferentes de los del grupo experimental.

Sin embargo, la prueba paramétrica no detalla qué grupos son tan significativamente diferentes entre sí. Por lo tanto, además de la prueba ANOVA paramétrica unidireccional, aplicaremos la prueba post HSD de Tukey, que realiza múltiples comparaciones entre grupos en la imagen. La Tabla 15 muestra los resultados de la prueba post HSD de Tukey.

Tabla 15
Prueba post hoc de HSD Tukey, de comparaciones múltiples

COMPARACIONES MÚLTIPLES				
VARIABLE DEPENDIENTE: MÓDULO DE ELASTICIDAD				
(I) PORCENTAJE _REEMPLAZO		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
-35.00	-10,00	-19329.23200	7159.55950	0.136
	-5,00	-46954,02200*	7159.55950	0.000
	0,00	-55214,21600*	7159.55950	0.000
	5,00	-54345,32400*	7159.55950	0.000
	10,00*	-25874,46000*	7159.55950	0.018
	35,00	-11283.40600	7159.55950	0.698
-10.00	-35,00	19329.23200	7159.55950	0.136
	-5,00	-27624,79000*	7159.55950	0.010
	0,00	-35884,98400*	7159.55950	0.000
	5,00	-35016,09200*	7159.55950	0.001
	10,00	-6545.22800	7159.55950	0.967
	35,00	8045.82600	7159.55950	0.915
-5.00	-35,00	46954,02200*	7159.55950	0.000
	-10,00	27624,79000*	7159.55950	0.010
	0,00	-8260.19400	7159.55950	0.905
	5,00	-7391.30200	7159.55950	0.942
	10,00	21079.56200	7159.55950	0.082
	35,00	35670,61600	7159.55950	0.001
0.00	-35,00	55214,21600	7159.55950	0.000
	-10,00	35884,98400	7159.55950	0.000
	-5,00	8260.19400	7159.55950	0.905
	5,00	868.89200	7159.55950	1.000
	10,00	29339,75600	7159.55950	0.005
	35,00	43930,81000	7159.55950	0.000
	-35,00	54345,32400	7159.55950	0.000
	-10,00	35016,09200	7159.55950	0.001

	-5,00	7391.30200	7159.55950	0.942
5.00	0,00	-868.89200	7159.55950	1.000
	10,00	28470,86400	7159.55950	0.007
	35,00	43061,91800	7159.55950	0.000
	-35,00	25874,46000	7159.55950	0.018
	-10,00	6545.22800	7159.55950	0.967
	-5,00	-21079.56200	7159.55950	0.082
10.00	0,00	-29339,75600	7159.55950	0.005
	5,00	-28470,86400	7159.55950	0.007
	35,00	14591.05400	7159.55950	0.415
	-35,00	11283.40600	7159.55950	0.698
	-10,00	-8045.82600	7159.55950	0.915
	-5,00	-35670,61600	7159.55950	0.001
35.00	0,00	-43930,81000	7159.55950	0.000
	5,00	-43061,91800	7159.55950	0.000
	10,00	-14591.05400	7159.55950	0.415

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

4.5.3. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS

Los registros se compilaron en una hoja de cálculo de Excel, que se muestra en la Tabla 11, y luego se exportaron a IBM SPSS Statistics 27 para su análisis.

La Tabla 16 muestra estadísticas descriptivas de los datos de manejo de resiliencia. Por ejemplo, el módulo elástico del grupo de control tiene un valor medio de 180.580,08 kgf / cm², una desviación estándar de 10.431,76 kgf / cm², un valor mínimo de 170.843,77 kgf / cm² y un valor máximo de 198.097,58 kgf / cm².

Tabla 16

Estadísticos descriptivos del módulo de elasticidad para 28 días de curado

ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS		
PORCENTAJE REEMPLAZO	ESTADISTICO	MOULO DE ELASTICIDAD
	Media	94467.3800
	Mediana	96189.0200
-35,00	Varianza	29951505.491
	Desviación estándar	5472.79686
	Mínimo	87714.31
	Máximo	100373.33

-10,00	Media	111523.6640
	Mediana	112838.9700
	Varianza	57612780.135
	Desviación estándar	7590.30830
	Mínimo	99739.49
	Máximo	119110.28
-5,00	Media	142993.6320
	Mediana	144763.7000
	Varianza	232273720.893
	Desviación estándar	15240.52889
	Mínimo	122670.58
	Máximo	163132.93
0,00	Media	180580.0800
	Mediana	177809.2400
	Varianza	108821583.754
	Desviación estándar	10431.75842
	Mínimo	170843.77
	Máximo	198097.58
5,00	Media	160980.2280
	Mediana	164893.2300
	Varianza	60243426.117
	Desviación estándar	7761.66388
	Mínimo	149820.55
	Máximo	168900.83
10,00	Media	118413.0960
	Mediana	117485.2000
	Varianza	60495862.422
	Desviación estándar	7777.90861
	Mínimo	110455.80
	Máximo	129686.78
35,00	Media	102175.9160
	Mediana	100015.6600
	Varianza	34895893.276
	Desviación estándar	5907.27461
	Mínimo	95878.03
	Máximo	111093.05

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Asimismo, se analizó la normalidad de los datos del módulo elástico mediante la prueba de Shapiro Wilk. En la Figura 33 se muestran los resultados del análisis de normalidad de los datos. Se puede observar

que los valores de significancia del grupo de control y del grupo experimental son ambos mayores a 0.05, por lo que se puede concluir que su distribución se distribuye normalmente.

Figura 33

Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk, de los valores de módulo de elasticidad

Pruebas de normalidad							
	PORCENTAJE_REEMPLAZO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MÓDULO_ELASTICIDAD	-35,00	,223	5	,200 [*]	,913	5	,488
	-10,00	,180	5	,200 [*]	,936	5	,637
	-5,00	,146	5	,200 [*]	,995	5	,994
	,00	,297	5	,172	,861	5	,233
	5,00	,293	5	,186	,908	5	,454
	10,00	,183	5	,200 [*]	,948	5	,720
	35,00	,243	5	,200 [*]	,941	5	,675
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Por lo tanto, una vez confirmado el supuesto de normalidad de los datos del módulo elástico, los parámetros poblacionales pueden analizarse mediante pruebas paramétricas.

El ANOVA paramétrico unidireccional entre el grupo de control y el grupo experimental se muestra en la Figura 34, con un nivel de significancia de 0,05.

Figura 34

Prueba paramétrica ANOVA de un factor entre el grupo de control y experimentales

ANOVA					
MÓDULO_ELASTICIDAD					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.100E+10	6	5165956547	61,889	<.001
Dentro de grupos	2337179088	28	83470681.73		
Total	3.333E+10	34			

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Cuando los valores calculados se probaron utilizando ANOVA paramétrico unidireccional, el nivel de significancia fue 0,05, lo que indica que los valores del módulo elástico del grupo de control fueron significativamente diferentes de los del grupo experimental.

Sin embargo, la prueba paramétrica no detalla qué grupos son tan significativamente diferentes entre sí. Por lo tanto, además de la prueba ANOVA paramétrica unidireccional, aplicaremos la prueba post HSD de Tukey, que realiza múltiples comparaciones entre grupos. La Tabla 16 muestra los resultados de la prueba post hoc HSD de Tukey

Tabla 17

Prueba post hoc de HSD Tukey, de comparaciones múltiples

COMPARACIONES MÚLTIPLES				
VARIABLE DEPENDIENTE: MÓDULO DE ELASTICIDAD				
	(I) PORCENTAJE_REEMPLA ZO	DIFERENCIA DE MEDIAS (I-J)	ERROR ESTÁNDAR	SIG.
35.00	-10,00	-17056.28400	5778.25862	0.081
	-5,00	-48526,25200	5778.25862	0.000
	0,00	-86112,70000	5778.25862	0.000
	5,00	-66512,84800	5778.25862	0.000
	10,00	-23945,71600	5778.25862	0.005
	35,00	-7708.53600	5778.25862	0.830
	-35,00	17056.28400	5778.25862	0.081
10.00	-5,00	-31469,96800	5778.25862	0.000
	0,00	-69056,41600	5778.25862	0.000
	5,00	-49456,56400	5778.25862	0.000
	10,00	-6889.43200	5778.25862	0.891
	35,00	9347.74800	5778.25862	0.673
	-35,00	48526,25200	5778.25862	0.000
	-10,00	31469,96800	5778.25862	0.000
5.00	0,00	-37586,44800	5778.25862	0.000
	5,00	-17986.59600	5778.25862	0.057
	10,00	24580,53600	5778.25862	0.004
	35,00	40817,71600	5778.25862	0.000
	-35,00	86112,70000	5778.25862	0.000
	-10,00	69056,41600	5778.25862	0.000
	-5,00	37586,44800	5778.25862	0.000

	5,00	19599,85200	5778.25862	0.030
	10,00	62166,98400	5778.25862	0.000
	35,00	78404,16400	5778.25862	0.000
	-35,00	66512,84800	5778.25862	0.000
	-10,00	49456,56400	5778.25862	0.000
	-5,00	17986,59600	5778.25862	0.057
5.00	0,00	-19599,85200	5778.25862	0.030
	10,00	42567,13200	5778.25862	0.000
	35,00	58804,31200	5778.25862	0.000
	-35,00	23945,71600	5778.25862	0.005
	-10,00	6889,43200	5778.25862	0.891
	-5,00	24580,53600	5778.25862	0.004
10.00	0,00	62166,98400	5778.25862	0.000
	5,00	-42567,13200	5778.25862	0.000
	35,00	16237,18000	5778.25862	0.109
	-35,00	7708,53600	5778.25862	0.830
	-10,00	-9347,74800	5778.25862	0.673
	-5,00	-40817,71600	5778.25862	0.000
35.00	0,00	-78404,16400	5778.25862	0.000
	5,00	-58804,31200	5778.25862	0.000
	10,00	-16237,18000	5778.25862	0.109

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Los resultados obtenidos de la caracterización de agregados cumplen con los rangos permisibles establecidos por las normas técnicas peruanas NTP 400.037 y NTP 339.034, verificando de esta manera su calidad para ser considerado apto. Asimismo, se debe recalcar que las características de los agregados no varían en todo el proceso de experimentación, por ser este una variable interviniente.

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA CALIZA TRITURADA

Actualmente, no existen normas que contengan especificaciones o límites admisibles de las características que debe tener la piedra caliza triturada para su uso como material cementicio alternativo, existen diversas investigaciones que emplean características distintas de piedra caliza, según la ubicación donde se realiza la investigación, dando resultados variables en las propiedades mecánicas del concreto y concluyendo de esta manera si es viable o no el uso de la piedra caliza de la zona como material cementicio alternativo para la zona de influencia del estudio.

Esta variabilidad en los resultados de las investigaciones realizadas se explica debido al origen y composición química de la piedra caliza utilizada. Razón por la cual, en la presente investigación se caracterizó la piedra caliza triturada por su origen geológico y la composición química que esta presenta mediante análisis de fluorescencia de rayos X, estos resultados a detalle se presentaron en el capítulo IV.

De esta manera, el presente estudio pretende determinar si la caliza de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior y con una pureza del 70.72 % de carbonato de calcio (CaCO_3), influye de forma positiva o negativa en el módulo de elasticidad del concreto, siendo este la variable dependiente y que a su vez es un indicador de la calidad del concreto.

5.3. DISEÑO DE MEZCLA

Con respecto al diseño de mezcla, se utilizó el método del comité 211 del American Concrete Institute (ACI), para una resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kgf / cm}^2$, a los 28 días de curado.

De los ensayos de laboratorio se obtuvo una resistencia promedio a la compresión $f'_c = 217.37 \text{ kgf / cm}^2$, siendo este ligeramente superior a la resistencia de diseño, verificando el diseño de mezcla realizado.

5.4. EFECTO DE LA CALIZA TRITURADA EN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Físicamente, en las correlaciones entre los porcentajes de reemplazo de cemento por caliza y el módulo de elasticidad, la variable causa es el porcentaje de reemplazo y la variable efecto es el módulo de elasticidad.

Las hipótesis de correlación son planteadas separadamente según el tiempo de curado de 03, 07 y 28 días.

5.4.1. PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 03 DÍAS

- **Hipótesis nula:** El reemplazo del cemento portland por piedra caliza triturada en diferentes porcentajes no influye en el módulo de elasticidad del concreto. ($i_g \geq 0.05$).

- **Hipótesis alterna:** El reemplazo del cemento portland por piedra caliza triturada en diferentes proporciones influye significativamente en el módulo de elasticidad del concreto. ($i_g < 0.05$).

De los resultados del procesamiento estadístico de los datos para un tiempo de curado de 03 días, se tiene según la figura 31 un valor de significancia < 0.01 , siendo significativa para un nivel del 0.05.

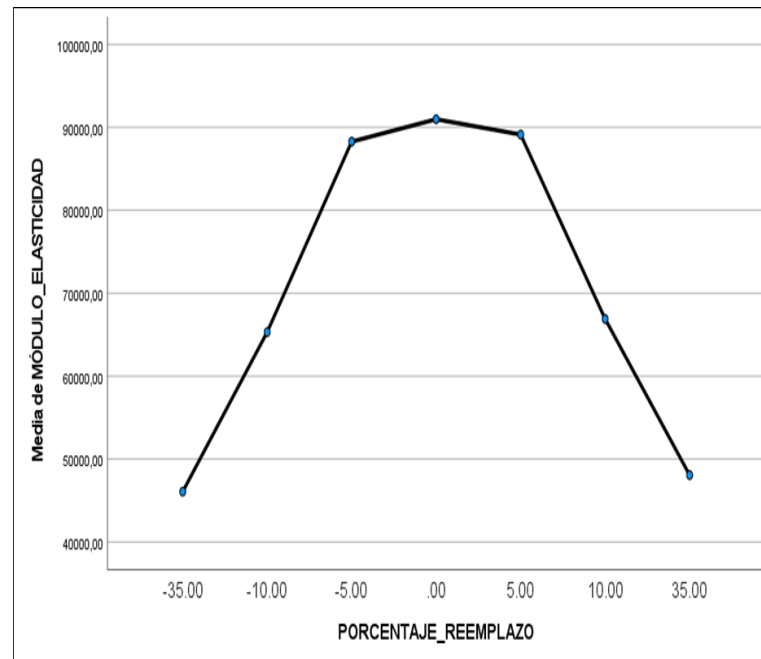
Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que nos dice que existe diferencia significativa en los valores de módulo de elasticidad entre el grupo de control y experimentales.

Asimismo, se analiza la figura 32, de análisis estadístico post de comparaciones múltiples para determinar entre que grupos es la diferencia significativa.

Para complementar el análisis se presenta en la figura 41, la variación del módulo de elasticidad con los diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por caliza.

Figura 35

Variación del módulo de elasticidad entre grupos para un tiempo de curado de 03 días.



Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Según la figura 35, existe un decremento de los valores del módulo de elasticidad con el reemplazo de cemento por caliza, y que este decremento es directamente proporcional con el aumento del porcentaje de reemplazo de cemento por caliza. Sin embargo, se puede notar que el decremento es mínimo para los porcentajes de reemplazo del 5.0 % y -5.0 %, y que podría ser viable estadísticamente. Este análisis se presenta a continuación.

Al analizar las figuras 32 y 35, se concluye que la variabilidad en el módulo de elasticidad promedio entre en el grupo de control y experimental con reemplazo de 5.0 % de cemento por caliza es de 1,845.55 kgf / cm², siendo esta diferencia estadísticamente no significativa, ya que, ($p = 1.0 > 0.05$), concluyéndose que si es viable el reemplazo de cemento por caliza en un 5.0 %.

Asimismo, del análisis de las figuras 32 y 35, se concluye que la variabilidad en el módulo de elasticidad promedio entre el grupo de control y experimental con una disminución del -5.0 % de cemento y sin sustitución por caliza es de 2,698.10 kgf / cm², siendo esta diferencia estadísticamente no significativa, ya que, ($p = 0.999 > 0.05$),

concluyéndose que la disminución en -5% en peso del cemento no afecta significativamente el valor del módulo de elasticidad.

Por lo tanto, para un tiempo de curado de 03 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante, solo resulta estadísticamente no significativo el reemplazo del 5.0 %, sin embargo, al ser el -5.0 % también viable estadísticamente, se concluye que no existe porcentaje adecuado de reemplazo que sea técnica y económicamente viable.

Con respecto a lo demás grupos experimentales de reemplazo de 10.0 y 35.0 % de cemento por caliza, se concluye que el decremento del módulo de elasticidad con respecto al grupo de control es estadísticamente muy significativo, ya que, ($p = 0 < 0.05$), concluyéndose que no es viable el reemplazo de cemento por caliza en estos porcentajes.

5.4.2. PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 07 DÍAS

- **Hipótesis nula:** El reemplazo del cemento portland por piedra caliza triturada en diferentes porcentajes no influye en el módulo de elasticidad del concreto ($ig \geq 0.05$).

- **Hipótesis alterna:** El reemplazo del cemento portland por piedra caliza triturada en diferentes proporciones influye significativamente en el módulo de elasticidad del concreto ($ig < 0.05$).

De los resultados del procesamiento estadístico de los datos para un tiempo de curado de 07 días, se tiene según la figura 35 un valor de significancia < 0.01 , siendo significativa para un nivel del 0.05.

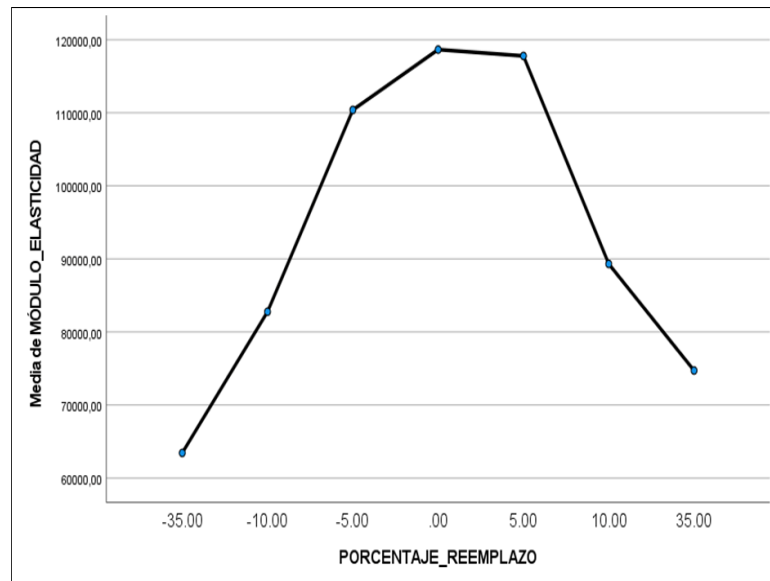
Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que nos dice que existe diferencia significativa en los valores de módulo de elasticidad entre el grupo de control y experimentales.

Asimismo, se analiza la figura 36, de análisis estadístico post de comparaciones múltiples para determinar entre que grupos es la diferencia significativa.

Para complementar el análisis se presenta en la figura 36, la variación del módulo de elasticidad con los diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por caliza.

Figura 36

Variación del módulo de elasticidad entre grupos para un tiempo de curado de 07 días



Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Según la figura 36, existe un decremento de los valores del módulo de elasticidad con el reemplazo de cemento por caliza, y que este decremento es directamente proporcional con el aumento del porcentaje de reemplazo de cemento por caliza. Sin embargo, se puede notar que el decremento es mínimo para los porcentajes de reemplazo del 5% y -5%, y que podría ser viable estadísticamente. Este análisis se presenta a continuación.

Al analizar las figuras 36 y 36, se concluye que la variabilidad en el módulo de elasticidad promedio entre en el grupo de control y experimental con reemplazo de 5.0 % de cemento por caliza es de 868.89 kgf / cm², siendo esta diferencia estadísticamente no significativa, ya que, ($p = 1 > 0.05$), concluyéndose que si es viable el reemplazo de cemento por caliza en un 5.0 %.

Asimismo, del análisis de las figuras 36 y 36, se concluye que la variabilidad en el módulo de elasticidad promedio entre el grupo de control y experimental con una disminución del -5.0 % de cemento y sin sustitución por caliza es de 8,260.19 kgf / cm², siendo esta diferencia estadísticamente no significativa, ya que, ($p = 0.905 > 0.05$), concluyéndose que la disminución en -5.0 % en peso del cemento no afecta significativamente el valor del módulo de elasticidad.

Por lo tanto, para un tiempo de curado de 07 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante, solo resulta estadísticamente no significativo el reemplazo del 5.0 %, sin embargo, al ser el -5.0 % también viable estadísticamente, se concluye que no existe porcentaje adecuado de reemplazo que sea técnica y económicamente viable.

Con respecto a los demás grupos experimentales de reemplazo del 10.0 y 35.0 % de cemento por caliza, se concluye que el decremento del módulo de elasticidad con respecto al grupo de control es estadísticamente muy significativo, ya que, ($p = 0 < 0.05$), concluyéndose que no es viable el reemplazo de cemento por caliza en estos porcentajes.

5.4.3. PARA UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS

- **Hipótesis nula:** El reemplazo del cemento portland por piedra caliza triturada en diferentes porcentajes no influye en el módulo de elasticidad del concreto ($ig \geq 0.05$).

- **Hipótesis alterna:** El reemplazo del cemento portland por piedra caliza triturada en diferentes proporciones influye significativamente en el módulo de elasticidad del concreto ($ig < 0.05$).

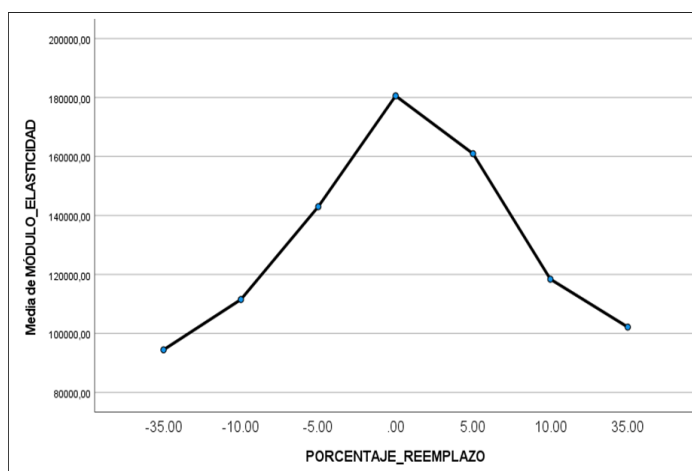
De los resultados del procesamiento estadístico de los datos para un tiempo de curado de 28 días, se tiene según la figura 39 un valor de significancia < 0.01 , siendo significativa para un nivel del 0.05.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que nos dice que existe diferencia significativa en los valores de módulo de elasticidad entre el grupo de control y experimentales. Asimismo, se analiza la figura 40, de análisis estadístico post de comparaciones múltiples para determinar entre que grupos es la diferencia significativa.

Para complementar el análisis se presenta en la figura 43, la variación del módulo de elasticidad con los diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por caliza.

Figura 37

Variación del módulo de elasticidad entre grupos para un tiempo de curado de 28 días



Nota. Se observa los resultados obtenidos en el estudio.

Según la figura 37, existe un decremento de los valores del módulo de elasticidad con el reemplazo de cemento por caliza, y que este decremento es directamente proporcional con el aumento del porcentaje de reemplazo de cemento por caliza. Sin embargo, se puede notar que el decremento es mínimo para el porcentaje de reemplazo del 5.0 %, y que podría ser viable estadísticamente. Este análisis se presenta a continuación.

Al analizar las figuras 40 y 37, se concluye que la variabilidad en el módulo de elasticidad promedio entre el grupo de control y experimental con reemplazo de 5% de cemento por caliza es de 19,599.85 kgf / cm², siendo esta diferencia estadísticamente significativa, ya que, ($p = 0.03 < 0.05$), concluyéndose que no es viable el reemplazo de cemento por caliza en un 5.0 % para un tiempo de curado de 28 días.

Con respecto a los grupos experimentales de reemplazo del 10.0 y 35.0 % de cemento por caliza, se concluye también que el decremento del módulo de elasticidad con respecto al grupo de control es estadísticamente muy significativo, ya que, ($p = 0.00 < 0.05$), concluyéndose que no es viable el reemplazo de cemento por caliza en estos porcentajes.

CONCLUSIONES

1. Para un tiempo de curado de 03 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante son del -2.03, -26.46 y -47.16%, respectivamente, con respecto al grupo de control, donde se concluye que, los valores de módulo de elasticidad con variaciones del cementante no se asemejan a los valores respecto del concreto del grupo de control. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna de la hipótesis específica número uno.

2. Para un tiempo de curado de 07 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante son del -0.73, -24.73 y -37.02%, respectivamente, con respecto al grupo de control, donde se concluye que, los valores de módulo de elasticidad con variaciones del cementante no se asemejan a los valores respecto del concreto del grupo de control. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna de la hipótesis específica número uno.

3. Para un tiempo de curado de 28 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante son del -10.85, -34.43 y -43.42 %, respectivamente, con respecto al grupo de control, donde se concluye que, los valores de módulo de elasticidad con variaciones del cementante no se asemejan a los valores respecto del concreto del grupo de control. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna de la hipótesis específica número uno.

4. Es importante mencionar que la sustitución de cemento por caliza de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior, cuya pureza es del 70.72 % en los porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % para los tiempos de curado de 03, 07 y 28 días, ayudan a que el decremento del módulo de elasticidad no sea tan brusco como quitar solo cemento en estas proporciones. Concluyéndose que si existe una reacción química de la caliza triturada en la mezcla de concreto; sin embargo, las características del cementante con proporciones diferentes de caliza son modificadas

químicamente con respecto al concreto del grupo de control. De esta manera, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna de la hipótesis específica número dos.

5. Es preciso mencionar que en la presente investigación se concluye que la caliza de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior, cuya pureza es del 70.72 % no es viable para ser usado como material cementicio alternativo; sin embargo, esto no descarta el estudio de otros materiales cementicios alternativos.

6. Con respecto a los valores de módulo de elasticidad encontrados experimentalmente mediante la norma ASTM C 469, se concluye que estos son menores en aproximadamente 18.0 % con respecto al calculado por la correlación dado en la norma técnica peruana (RNE) y el American Concrete Institute (ACI).

7. Asimismo, es preciso mencionar que los valores de módulo de elasticidad hallados directamente por la correlación dado en el RNE y ACI, no caracterizan de manera precisa los concretos elaborados en la región Huánuco, por lo tanto, se requiere del desarrollo de nuevas correlaciones basadas en las características de nuestra región.

RECOMENDACIONES

1. Para un tiempo de curado de 03 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante, resulta significativa respecto del grupo de control. Por lo tanto, se recomienda no emplear la caliza de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior, con una pureza del 70.72 %, como material cementicio alternativo, ya que, influye de manera negativa en los valores del módulo de elasticidad del concreto.

2. Para un tiempo de curado de 07 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante, resulta significativa respecto del grupo de control. Por lo tanto, se recomienda no emplear la caliza de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior, con una pureza del 70.72 %, como material cementicio alternativo, ya que, influye de manera negativa en los valores del módulo de elasticidad del concreto.

3. Para un tiempo de curado de 28 días, la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes del 5.0, 10.0 y 35.0 % del cementante, no resulta óptimo ninguno de los tres casos. Por lo tanto, se recomienda no emplear la caliza de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior, con una pureza del 70.72 %, como material cementicio alternativo, ya que, influye de manera negativa en los valores del módulo de elasticidad del concreto.

4. Es necesario evaluar las calizas de origen calcáreo del Grupo Pucará del Triásico superior – Jurásico inferior, cuya pureza sea mayor del 90.0 %, ya que, los efectos variarán y podrían ser positivos en los valores de módulo de elasticidad del concreto. Asimismo, evaluar otras propiedades del concreto con estas sustituciones como la porosidad, que también es un indicador de la calidad del concreto.

5. Es preciso estudiar otros minerales, que puedan ser usados como material cementicio alternativo, por ejemplo, escorias de alto horno.

6. Se propone que para diseño de estructuras se realicen los cálculos de modelamiento con valores de módulo de elasticidad calculados experimentalmente mediante la norma ASTM C 469, de esta manera, no se

sub dimensionaran los elementos estructurales, traducándose en estructuras que presenten un comportamiento estructural adecuado ante las sollicitaciones de carga al que estará sometido.

7. Asimismo, es necesario realizar estudios de módulo de elasticidad, para obtener correlaciones más precisas, que caractericen el entorno variable del territorio peruano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2000). Metodología de la Investigación. Mc Graw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Carrasco, S. (2013). Metodología de la Investigación Científica. Editorial San Marcos.
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). Análisis y Diseño de Experimentos. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Mamlouk, M. y Zaniewski, J. (2009). Materiales para Ingeniería Civil. Pearson
- Prentice Hall Abanto, T. (2009). Tecnología del Concreto. Editorial San Marcos.
- Almanzar, J. y Camargo, J. (2016). Influencia del Reemplazo de Caliza por Cemento con Porcentajes (5, 10 y 30) en Mezcla de Concreto con Relación Agua Cemento (0.80, 0.65 y 0.50). Universidad La Gran Colombia.
- Bonavetti, V. (1998). Cementos con Filler Calcáreo. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Yanez, Y. (2014). Influencia de la Composición Química y Mineralógica de las Calizas en Su Empleo para la Producción de Cementos de Base Clínter – Arcilla Calcinada – Caliza – Yeso. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Cervera, M. y Blanco, E. (2015). Resistencia de Materiales. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- Miller, M. y Siguenza, L. (2021). Influencia del Filler Calizo como Material Cementante en la Resistencia a la Compresión del Concreto Trujillo – 2021. Universidad Privada del Norte.
- Kosmatka, H.; Kerkhoff, B.; Panarese, C. y Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association.
- Calabuig, R. (2015). Efecto de la Adición de Cal en las Propiedades Mecánicas y Durabilidad de Hormigones con Altos Contenidos en Cenizas Volantes Silíceas. Universidad Politécnica de Valencia.

Bayon, P. (2006). Determinación de la Calidad de Calizas del Yacimiento Cerro – Palo para su Empleo en la Producción del Cemento Portland Tipo I. Universidad Nacional del Callao.

Escobedo, C. y Torres, N. (2022). Análisis del Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y Resistencia a la Compresión del Concreto Estructural por la Influencia de Material Pasante de la Malla N° 200. Universidad Tecnológica del Perú.

Adrian, P. (1960). Static Modulus of Elasticity of Concrete as Affected by Density. University of Missouri

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Campos Palacios, C. A. (2025). *Variación del módulo de elasticidad del concreto con el reemplazo de cemento por caliza - Quisque - Huánuco, 2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huanuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>*

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO CON EL REEMPLAZO DE CEMENTO POR CALIZA - QUISQUE - HUÁNUCO, 2024”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Por su nivel
PG1: ¿Cuál será la variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes mayores del 5% del cementante - Quisqui- Huánuco - 2024?	OG1: Establecer la variación del módulo de elasticidad del concreto con el reemplazo de cemento por calizas en porcentajes mayores del 5% del cementante - Quisqui- Huánuco - 2024.	HG: La variación del módulo de elasticidad del concreto con reemplazos de cemento por caliza en porcentajes mayores del 5% del cementante - Quisqui- Huánuco – 2024.	% Porcentaje de Caliza	Correlacional
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente	Por el tipo de datos
PE1: ¿Qué características tiene el módulo elástico con variaciones del cementante - Quisqui- Huánuco - 2024?	OE1: Determinar las características que tiene el módulo elástico con variaciones del cementante - Quisqui- Huánuco - 2024.	HE1: Las características que tiene el módulo elástico con variaciones del cementante se asemejan a los valores respecto del concreto convencional sin adición de caliza - Quisqui- Huánuco - 2024.	Módulo de Elasticidad del	Cuantitativa
PE2: ¿Qué características tiene el cementante con proporciones diferentes de caliza - Quisqui- Huánuco - 2024?	OE2: Establecer las características que tiene el cementante con proporciones diferentes de caliza - Quisqui- Huánuco - 2024.	HE2: Las características que tiene el cementante con proporciones diferentes de caliza se verán modificadas químicamente con respecto del concreto convencional - Quisqui- Huánuco - 2024.	Concreto Hidráulico	experimental
PE3: ¿Qué características presentará el cementante con adición de caliza de alta pureza y densidad estándar - Quisqui- Huánuco - 2024?	OE3: Determinar las características que presentará el cementante con adición de caliza de alta pureza y densidad estándar - Quisqui- Huánuco - 2024..	HE3: Las características que presentará el cementante con adición de caliza de alta pureza y densidad estándar modificarán su composición química con respecto al cementante convencional - Quisqui- Huánuco - 2024.		Por el tipo de inferencia
				Inductiva
				Según el tiempo
				Transversal
				Diseño de la investigación
				Diseño completamente al azar (DCA).

ANEXO 2

RESULTADOS DEL ANALISIS DE MODULO DE ELASTICIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO N° 0202 – 24 – LABICER

1. **DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : CESAR A. CAMPOS PALACIOS
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 73143990
 - 1.3. DIRECCIÓN :
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 15 / 02 / 2024
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 15 / 02 / 2024
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 26 / 02 / 2024
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : MINERAL
 - 4.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA TESIS : 01 MUESTRA DE PIEDRA CALIZA
"MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO HIDRÁULICO CON EL REEMPLAZO PARCIAL DE CALIZA NATURAL COMO CEMENTANTE"
 - 4.3. OBSERVACIONES (SI APLICA) : ENVASE PLÁSTICO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER - UNI
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21; Humedad relativa: 67%
7. **RESULTADOS**
 - 7.1. **ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA ⁽¹⁾
Carbonato de calcio (Calcita), CaCO ₃	70.72	%	Difracción de Rayos X ⁽²⁾
Carbonato de magnesio y calcio (Dolomita), CaMg(CO ₃) ₂	26.99	%	
Óxido de silicio (Cuarzo), SiO ₂	1.97	%	
Hidróxido Fluoruro de óxido de potasio, sodio, magnesio, aluminio, hierro, silicio y titanio (Moscovita), K _{0.865} Na _{0.135} Mg _{0.04} Ti _{0.01} Fe _{0.09} Al _{2.84} Si _{3.045} O ₁₀ (OH) _{1.945} F _{0.055}	0.32	%	

⁽¹⁾ Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente

⁽²⁾ La identificación de las fases cristalinas es el resultado con mayor probabilidad (Score) brindado por el software HighScore Plus V4.9 de Malvern Panalytical utilizando la Base de datos PDF4+–2023. El análisis semicuantitativo se basa en uso del Método de Refinamiento Rietveld, considerando un balance de las fases cristalinas al 100%. Equipo: DIFRACTOMETRO DE RAYOS X: PANALYTICAL, EMPYREAN. Ver difractograma en Anexo, Figura N°1.



7.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

7.2.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA ⁽¹⁾
Óxido de calcio, CaO	75.532	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva ^(2,3)
Óxido de magnesio, MgO	14.491	%	
Óxido de silicio, SiO ₂	5.840	%	
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	2.027	%	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0.982	%	
Óxido de potasio, K ₂ O	0.352	%	
Óxido de estroncio, SrO	0.338	%	
Óxido de azufre, SO ₃	0.418	%	
Óxido de zirconio, ZrO ₂	0.022	%	

⁽¹⁾ Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.

⁽²⁾ Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.

⁽³⁾ Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.

8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Fabio Jurado
Analista
LABICER – UNI




Christian Jacinto Hernández
Jefe de Laboratorio (e)
CQP 1154

NOTAS:

- LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
- LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.2 del presente documento.
- Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

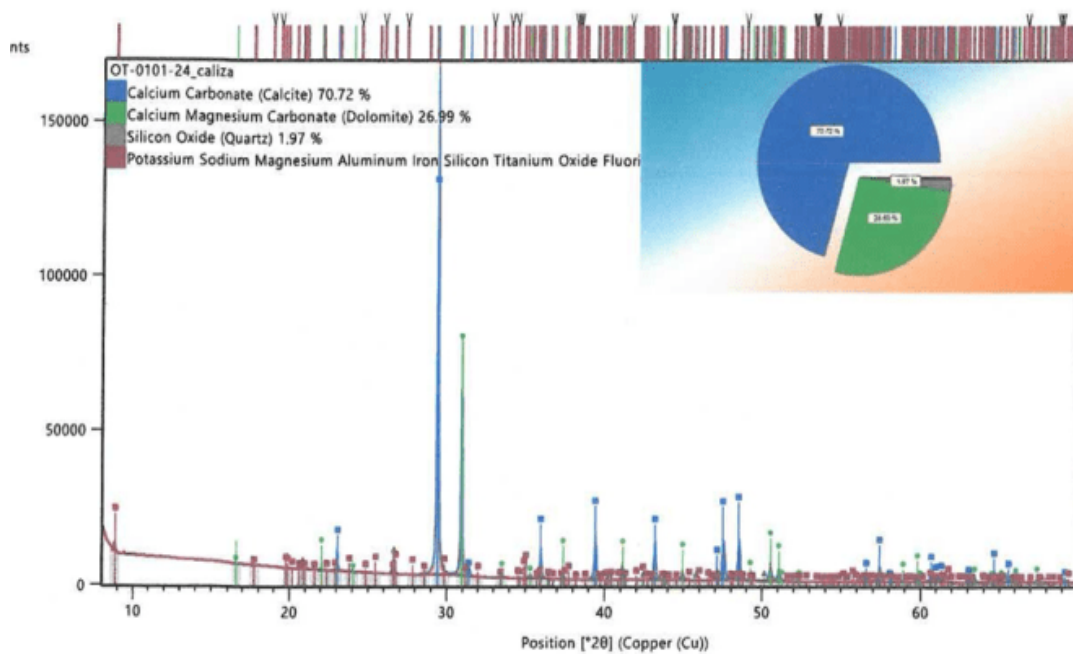


Figura N°1. Difractograma de la muestra.



RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

 Área (cm²): 80.12

Solicita: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Lo (mm): 202

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

GRUPO DE CONTROL A LOS 03 DÍAS DE CURADO, GC-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, Respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GC03-01	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	91.32	115.88	85758.49	161474.46	46.89%
2	GC03-02	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	88.29	112.04	88356.83	158773.00	44.35%
3	GC03-03	10.11	10.12	10.10	10.11	10.11	20.20	20.20	89.59	113.80	100782.34	160016.73	37.02%
4	GC03-04	10.12	10.12	10.12	10.13	10.12	20.20	20.20	92.40	117.08	89204.19	162306.15	45.04%
5	GC03-05	10.12	10.11	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	93.18	118.36	90812.91	163191.29	44.35%
Promedio									90.96	115.43	90982.95	161152.33	43.53%

GRUPO EXPERIMENTAL 01 AL 05%, GE-05%-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, Respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GE03,5%-01	10.12	10.11	10.10	10.11	10.11	20.20	20.20	76.39	97.03	87359.56	147758.98	40.88%
2	GE03,5%-02	10.12	10.11	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	82.00	104.16	113818.43	153088.50	25.65%
3	GE03,5%-03	10.10	10.11	10.12	10.10	10.11	20.20	20.20	78.52	99.79	73086.87	149841.87	51.22%
4	GE03,5%-04	10.10	10.12	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	77.44	98.42	86405.43	148807.80	41.93%
5	GE03,5%-05	10.10	10.12	10.12	10.10	10.11	20.20	20.20	76.30	96.93	85016.70	147675.78	42.43%
Promedio									78.13	99.27	89137.40	149434.59	40.42%

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE-10%-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, Respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GE10%-01	10.10	10.12	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	72.71	92.41	49460.09	144191.65	65.70%
2	GE10%-02	10.10	10.10	10.10	10.11	10.10	20.20	20.20	73.21	93.13	82047.48	144758.19	43.32%
3	GE10%-03	10.10	10.10	10.12	10.11	10.11	20.20	20.20	76.85	97.67	66411.36	148239.85	55.20%
4	GE10%-04	10.11	10.11	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	81.08	103.09	65174.09	152302.61	57.21%
5	GE10%-05	10.12	10.11	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	75.73	96.24	71452.22	147155.68	51.44%
Promedio									75.92	96.51	66909.05	147329.59	54.57%

GRUPO EXPERIMENTAL 03 AL 35%, GE-35%-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, Respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GE35%-01	10.12	10.11	10.10	10.11	10.11	20.20	20.20	36.15	45.92	54093.95	101645.88	46.78%
2	GE35%-02	10.10	10.10	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	38.00	48.32	53989.21	104265.89	48.22%
3	GE35%-03	10.12	10.11	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	36.79	46.76	42084.46	102567.07	58.97%
4	GE35%-04	10.11	10.11	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	35.20	44.76	42481.68	100351.02	57.67%
5	GE35%-05	10.10	10.10	10.11	10.12	10.11	20.20	20.20	38.91	49.45	47727.91	105480.86	54.75%
Promedio									37.01	47.04	48075.44	102862.14	53.28%

GRUPO EXPERIMENTAL 04 AL -5%, GE(-5%)-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GE(-5%)-01	10.11	10.12	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	82.71	104.96	80813.54	153673.83	47.41%
2	GE(-5%)-02	10.12	10.12	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	83.24	105.57	90619.67	154123.61	41.20%
3	GE(-5%)-03	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	81.97	104.02	85420.42	152988.56	44.17%
4	GE(-5%)-04	10.11	10.10	10.10	10.12	10.11	20.20	20.20	85.42	108.56	93377.99	156286.99	40.25%
5	GE(-5%)-05	10.12	10.12	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	78.91	100.09	91192.62	150065.06	39.23%
Promedio									82.45	104.64	88284.85	153427.61	42.45%

GRUPO EXPERIMENTAL 05 AL -10%, GE(-10%)-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GE(-10%)-01	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	68.58	87.03	56769.55	139935.90	59.43%
2	GE(-10%)-02	10.11	10.11	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	67.09	85.14	62864.31	138405.40	54.58%
3	GE(-10%)-03	10.13	10.12	10.13	10.13	10.13	20.20	20.20	67.29	85.18	58888.93	138436.34	57.46%
4	GE(-10%)-04	10.12	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	69.46	88.05	74654.50	140753.12	46.96%
5	GE(-10%)-05	10.12	10.11	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	71.28	90.45	73413.52	142657.83	48.54%
Promedio									68.74	87.17	65318.16	140037.72	53.36%

GRUPO EXPERIMENTAL 06 AL -35%, GE(-35%)-03 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)							Máxima Fuerza (KN).	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2					
1	GE(-35%)-01	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	26.84	34.06	55235.24	87546.02	36.91%
2	GE(-35%)-02	10.11	10.11	10.10	10.12	10.11	20.20	20.20	26.30	33.40	38684.14	86690.64	55.38%
3	GE(-35%)-03	10.11	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	27.61	35.01	48798.19	88757.99	45.02%
4	GE(-35%)-04	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	23.24	29.49	44064.63	81462.48	45.91%
5	GE(-35%)-05	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	34.06	43.22	43592.17	98612.16	55.79%

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Área (cm²): 80.12

Solicita: Bach. Cesar A. Camacho Palacios

Lo (mm): 202

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

GRUPO DE CONTROL A LOS 07 DÍAS DE CURADO, GC-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GC07-01	10.12	10.11	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	113.92	144.56	113051.83	180351.97	37.32%
2	GC07-02	10.11	10.11	10.12	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	117.97	149.85	139637.57	183620.61	23.95%
3	GC07-03	10.11	10.11	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	111.26	141.19	105891.11	178233.95	40.59%
4	GC07-04	10.10	10.11	10.10	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	107.56	136.76	127294.31	175418.69	27.43%
5	GC07-05	10.10	10.12	10.12	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	110.37	140.13	107405.67	177563.53	39.51%
Promedio:										112.22	142.50	118656.10	179037.75	33.76%

GRUPO EXPERIMENTAL 01 AL 05%, GE-05%-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE05%-07-01	10.11	10.10	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	110.66	140.70	123498.71	177928.62	30.59%
2	GE05%-07-02	10.11	10.12	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	102.48	130.24	107800.06	171183.77	37.03%
3	GE05%-07-03	10.10	10.10	10.11	10.10	10.10	20.20	20.20	20.20	107.37	136.59	109081.74	175307.06	37.78%
4	GE05%-07-04	10.11	10.12	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	100.46	127.61	102890.01	169446.35	39.28%
5	GE05%-07-05	10.10	10.11	10.11	10.12	10.11	20.20	20.20	20.20	103.81	131.86	145665.51	172245.09	15.43%
Promedio:										104.96	133.40	117787.21	173222.18	32.02%

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE-10%-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE10%-01	10.12	10.10	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	101.84	129.43	89601.64	170648.40	47.49%
2	GE10%-02	10.11	10.10	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	98.60	125.37	91811.17	167955.15	45.34%
3	GE10%-03	10.10	10.10	10.10	10.11	10.10	20.20	20.20	20.20	88.61	112.73	90558.04	159260.88	43.14%
4	GE10%-04	10.10	10.12	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	85.71	108.87	87613.92	156511.52	44.02%
5	GE10%-05	10.11	10.10	10.11	10.12	10.11	20.20	20.20	20.20	88.39	112.27	86996.94	158939.66	45.26%
Promedio:										92.63	117.73	89316.34	162663.12	45.05%

GRUPO EXPERIMENTAL 03 AL 35%, GE(35%)-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(35%)-01	10.11	10.10	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	46.17	58.71	72505.98	114932.94	36.91%
2	GE(35%)-02	10.12	10.12	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	45.23	57.45	78615.11	113696.98	30.86%
3	GE(35%)-03	10.11	10.10	10.10	10.10	10.10	20.20	20.20	20.20	44.29	56.34	83694.08	112590.30	25.66%
4	GE(35%)-04	10.10	10.10	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	51.41	65.37	68540.98	121279.37	43.49%
5	GE(35%)-05	10.10	10.10	10.10	10.11	10.10	20.20	20.20	20.20	48.12	61.22	70315.29	117962.61	40.09%
Promedio:										47.05	59.82	74734.29	115972.44	35.40%

GRUPO EXPERIMENTAL 04 AL -5%, GE(-5%)-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(-5%)-01	10.12	10.12	10.13	10.13	10.13	20.20	20.20	20.20	104.54	132.42	127174.61	172612.59	26.32%
2	GE(-5%)-02	10.12	10.12	10.11	10.13	10.12	20.20	20.20	20.20	105.91	134.27	95805.85	173809.18	44.88%
3	GE(-5%)-03	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	100.12	127.05	109293.72	169073.22	35.36%
4	GE(-5%)-04	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	101.80	129.19	124645.46	170491.73	26.89%
5	GE(-5%)-05	10.11	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	105.08	133.28	95059.88	173170.38	45.11%
Promedio:										103.49	131.24	110395.91	171831.42	35.71%

GRUPO EXPERIMENTAL 05 AL -10%, GE(-10%)-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(-10%)-01	10.12	10.12	10.12	10.13	10.12	20.20	20.20	20.20	83.26	105.50	77907.38	154072.46	49.43%
2	GE(-10%)-02	10.12	10.11	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	81.11	102.87	84844.33	152140.70	44.23%
3	GE(-10%)-03	10.13	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	81.28	102.99	76624.80	152222.96	49.66%
4	GE(-10%)-04	10.11	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	82.54	104.69	89096.89	153478.81	41.95%
5	GE(-10%)-05	10.11	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	86.29	109.44	85382.17	156921.06	45.59%
Promedio:										82.89	105.10	82771.11	153767.20	46.17%

GRUPO EXPERIMENTAL 06 AL -35%, GE(-35%)-07 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm ²)	E, según RNE (kgf/cm ²)	Variación de Ec, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(-35%)-01	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	35.34	44.85	55934.47	100456.66	44.32%
2	GE(-35%)-02	10.12	10.12	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	35.27	44.73	61183.40	100319.54	39.01%
3	GE(-35%)-03	10.11	10.11	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	33.84	42.98	55012.15	98341.76	44.06%
4	GE(-35%)-04	10.12	10.12	10.13	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	38.59	48.89	76222.07	104883.76	27.33%
5	GE(-35%)-05	10.11	10.11	10.11	10.12	10.11	20.20	20.20	20.20	37.24	47.28	68857.32	103141.42	33.24%

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

 Área (cm²): 80.12

Solicita: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Lo (mm): 202

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

GRUPO DE CONTROL A LOS 28 DÍAS DE CURADO, GC-28 DÍAS

GRUPO DE CONTROL A LOS 28 DÍAS DE CURADO, 28 DÍAS														
N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GC(28)-01	10.12	10.12	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	173.78	220.42	180663.19	222697.18	18.87%
2	GC(28)-02	10.10	10.10	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	179.99	228.86	175486.62	226920.98	22.67%
3	GC(28)-03	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	174.86	221.90	198097.58	223445.24	11.34%
4	GC(28)-04	10.11	10.11	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	165.35	210.24	177809.24	217494.02	18.25%
5	GC(28)-05	10.11	10.10	10.12	10.12	10.11	20.20	20.20	20.20	161.80	205.43	170843.77	214990.96	20.53%
Promedio:										171.16	217.37	180580.08	221109.68	18.33%

GRUPO EXPERIMENTAL 01 AL 05%, GE(05%)-28 DÍAS

GRUPO EXPERIMENTAL GE(05%) GE(07%) GE(10%)														
N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(05%)-01	10.11	10.10	10.12	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	143.28	182.00	165011.37	202361.04	18.46%
2	GE(05%)-02	10.10	10.10	10.12	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	156.37	198.82	156275.16	211505.48	26.11%
3	GE(05%)-03	10.10	10.10	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	147.91	188.07	149820.55	205709.86	27.17%
4	GE(05%)-04	10.10	10.10	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	151.20	192.25	164893.23	207981.61	20.72%
5	GE(05%)-05	10.11	10.10	10.10	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	160.53	204.11	168900.83	214300.49	21.19%
Promedio:										151.86	193.05	160980.23	208371.70	22.73%

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE(10%)-28 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(10%)-01	10.10	10.10	10.11	10.12	10.11	20.20	20.20	20.20	145.01	184.29	110455.80	203630.12	45.76%
2	GE(10%)-02	10.10	10.10	10.10	10.11	10.10	20.20	20.20	20.20	143.19	182.16	117485.20	202451.19	41.97%
3	GE(10%)-03	10.12	10.12	10.11	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	141.78	179.92	122110.45	201202.32	39.31%
4	GE(10%)-04	10.10	10.12	10.00	10.00	10.06	20.20	20.20	20.20	140.99	181.06	129486.78	201836.11	35.75%
5	GE(10%)-05	10.12	10.11	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	142.67	181.22	112327.25	201928.40	44.37%
Promedio:										142.73	181.73	118413.10	202209.63	41.43%

GRUPO EXPERIMENTAL 03 AL 35%, GE(35%)-28 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(35%)-01	10.11	10.10	10.11	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	77.06	97.98	111093.05	148476.09	25.18%
2	GE(35%)-02	10.12	10.12	10.12	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	76.81	97.42	99150.63	148055.75	33.03%
3	GE(35%)-03	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	20.20	20.20	20.20	75.98	96.70	95878.03	147505.88	35.00%
4	GE(35%)-04	10.10	10.12	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	75.96	96.59	104742.21	147417.37	28.95%
5	GE(35%)-05	10.12	10.10	10.10	10.10	10.11	20.20	20.20	20.20	79.29	100.82	100015.66	150612.04	33.59%
Promedio:										77.02	97.90	102175.92	148413.43	31.15%

GRUPO EXPERIMENTAL 04 AL -05%, GE(-05%)-28 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Op	H1	H2	Hip					
1	GE(-05%)-01	10.12	10.11	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	145.83	184.96	122670.58	204001.82	39.87%
2	GE(-05%)-02	10.11	10.11	10.11	10.12	10.11	20.20	20.20	20.20	157.23	199.62	149483.53	211931.04	29.47%
3	GE(-05%)-03	10.12	10.12	10.12	10.13	10.12	20.20	20.20	20.20	146.36	185.45	163132.93	204270.55	20.14%
4	GE(-05%)-04	10.12	10.11	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	164.65	208.83	144763.70	216764.34	33.22%
5	GE(-05%)-05	10.12	10.12	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	153.69	194.93	134917.42	209426.06	35.58%
Promedio:										153.55	194.76	142993.63	209278.76	31.65%

GRUPO EXPERIMENTAL 05 AL -10%, GE(-10%)-28 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (kN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto al RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(-10%)-01	10.12	10.11	10.13	10.11	10.12	20.20	20.20	20.20	129.93	164.80	112838.97	192558.76	41.40%
2	GE(-10%)-02	10.12	10.13	10.12	10.13	10.13	20.20	20.20	20.20	144.44	182.93	109213.53	202874.74	46.17%
3	GE(-10%)-03	10.12	10.11	10.11	10.11	10.11	20.20	20.20	20.20	132.46	168.17	116716.05	194522.85	40.00%
4	GE(-10%)-04	10.12	10.13	10.13	10.13	10.13	20.20	20.20	20.20	140.16	177.42	119110.28	199801.22	40.39%
5	GE(-10%)-05	10.12	10.11	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	134.60	170.72	99739.49	195988.08	49.11%
Promedio:										136.32	172.81	111523.66	197149.13	43.41%

GRUPO EXPERIMENTAL 06 AL -35%, GE(-35%)-28 DÍAS

N°	Código Molde	Dimensiones (cm.)								Máxima Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (kgf/cm2)	Módulo de Elasticidad (kgf/cm2)	E, según RNE (kgf/cm2)	Variación de E, respecto RNE
		D1	D2	D3	D4	Dp	H1	H2	Hp					
1	GE(-35%)-01	10.11	10.14	10.13	10.13	10.13	20.20	20.20	20.20	58.74	74.36	100373.33	129348.86	22.40%
2	GE(-35%)-02	10.12	10.12	10.11	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	61.14	77.55	87714.31	132090.85	33.60%
3	GE(-35%)-03	10.11	10.11	10.13	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	55.64	70.57	89788.93	126008.35	28.74%
4	GE(-35%)-04	10.11	10.13	10.13	10.14	10.13	20.20	20.20	20.20	59.07	74.78	96189.02	129712.77	25.84%
5	GE(-35%)-05	10.11	10.12	10.12	10.12	10.12	20.20	20.20	20.20	57.53	72.96	98271.31	128128.48	23.30%
Promedio=										58.42	74.04	94467.38	129057.86	26.80%

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 03 DÍAS DE CURADO, GC-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 25/01/2024

Solicitado: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

Asesor: Mq. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
10.59	1079.37	13.47	0.000000	0.000000
30.90	3111.29	33.87	0.002000	0.000010
11.24	1146.37	14.31	0.004200	0.000021
11.58	1181.24	14.74	0.006200	0.000031
11.94	1217.05	15.20	0.008300	0.000041
12.32	1254.40	15.68	0.010300	0.000051
12.71	1295.86	16.17	0.012500	0.000062
13.12	1337.97	16.70	0.014500	0.000072
13.52	1378.36	17.20	0.016700	0.000083
13.95	1423.02	17.76	0.018700	0.000093
14.38	1466.36	18.30	0.020800	0.000103
14.85	1513.08	18.90	0.022900	0.000113
15.29	1558.95	19.46	0.025000	0.000124
15.79	1610.24	20.10	0.027100	0.000134
16.25	1656.94	20.68	0.029100	0.000144
16.79	1711.91	21.37	0.031300	0.000155
17.28	1762.08	21.99	0.033300	0.000165
17.83	1818.57	22.70	0.035500	0.000176
18.35	1871.29	23.36	0.037500	0.000186
18.92	1929.72	24.09	0.039600	0.000196
19.49	1987.13	24.80	0.041600	0.000206
20.12	2051.27	25.60	0.043800	0.000217
20.71	2112.15	26.36	0.045800	0.000227
21.39	2181.28	27.23	0.047900	0.000237
22.08	2251.85	28.11	0.049900	0.000247
22.82	2327.20	29.05	0.052000	0.000257
23.57	2403.58	30.00	0.054100	0.000268
24.35	2482.61	30.99	0.056300	0.000279
25.11	2560.21	31.96	0.058300	0.000289
25.89	2640.36	32.96	0.060400	0.000299
26.69	2721.53	33.97	0.062400	0.000309
27.51	2805.25	35.01	0.064600	0.000320
28.36	2891.62	36.09	0.066600	0.000330
29.11	2968.30	37.05	0.068800	0.000341
29.96	3055.29	38.13	0.070500	0.000349
30.99	3160.21	39.44	0.072800	0.000360
31.93	3255.76	40.64	0.075000	0.000371
32.81	3345.29	41.75	0.077100	0.000382
33.72	3438.90	42.92	0.079200	0.000392
34.56	3524.46	43.99	0.081300	0.000402
35.47	3616.95	45.14	0.083400	0.000413
36.29	3700.46	46.19	0.085400	0.000423
37.17	3790.10	47.31	0.087600	0.000434
38.02	3876.67	48.30	0.089500	0.000443
38.96	3973.14	49.59	0.091700	0.000454
39.84	4062.87	50.71	0.093700	0.000464
40.77	4157.19	51.89	0.095800	0.000474
41.66	4248.05	53.02	0.097900	0.000485
42.59	4342.78	54.20	0.100000	0.000495
43.51	4436.29	55.37	0.102000	0.000505
44.45	4532.66	56.57	0.104100	0.000515
45.38	4627.59	57.76	0.106200	0.000526
46.33	4724.77	58.97	0.108300	0.000536
47.31	4824.50	60.22	0.110300	0.000546
48.28	4923.00	61.45	0.112500	0.000557
49.22	5018.86	62.64	0.114500	0.000567
50.20	5118.69	63.89	0.116600	0.000577
51.20	5220.66	65.16	0.118600	0.000587
52.20	5323.24	66.44	0.120800	0.000598
53.16	5421.24	67.67	0.122800	0.000608
54.04	5510.06	68.77	0.125000	0.000619
55.11	5619.17	70.14	0.126900	0.000628
56.11	5721.75	71.42	0.129100	0.000639
57.14	5826.27	72.72	0.131200	0.000650
58.04	5918.45	73.87	0.133200	0.000659
58.77	5992.89	74.80	0.135600	0.000671
58.78	5994.22	74.82	0.137500	0.000681
59.76	6093.85	76.06	0.139500	0.000691
60.71	6190.72	77.27	0.141500	0.000700
61.86	6307.99	78.73	0.143600	0.000711
62.88	6411.69	80.03	0.145700	0.000721
63.98	6523.66	81.43	0.147800	0.000732
64.95	6623.39	82.67	0.149800	0.000742
66.05	6735.35	84.07	0.152000	0.000752
66.87	6818.46	85.10	0.153900	0.000762
67.87	6920.74	86.38	0.156000	0.000772
69.04	7040.45	87.88	0.158100	0.000783
70.14	7152.52	89.27	0.160300	0.000794
71.20	7260.81	90.63	0.162400	0.000804
72.28	7370.74	92.00	0.164500	0.000814
73.42	7486.38	93.44	0.166400	0.000824
74.59	7606.19	94.94	0.168600	0.000835
75.14	7662.18	95.64	0.170900	0.000846
74.58	7605.38	94.93	0.173100	0.000857
75.77	7726.42	96.44	0.174700	0.000865
77.06	7857.66	98.08	0.176900	0.000876
78.30	7984.71	99.66	0.178900	0.000886
79.45	8101.17	101.11	0.181100	0.000897
80.59	8218.33	102.58	0.183100	0.000906
81.61	8322.04	103.87	0.185300	0.000917
79.29	8085.67	100.92	0.188600	0.000934

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
79.01	8057.01	100.56	0.189300	0.000937
80.89	8248.92	102.96	0.191300	0.000947
82.17	8378.73	104.58	0.193500	0.000958
83.43	8507.12	106.18	0.195600	0.000968
84.38	8603.99	107.39	0.197700	0.000979
82.67	8429.82	105.22	0.200500	0.000993
82.68	8431.25	105.23	0.201900	0.001000
84.19	8584.72	107.15	0.203900	0.001009
85.43	8711.47	108.71	0.205900	0.001019
86.57	8827.41	110.18	0.208100	0.001030
87.40	8912.35	111.24	0.210200	0.001041
88.18	8991.79	112.23	0.212300	0.001051
88.86	9060.72	113.09	0.214400	0.001061
89.51	9127.62	113.93	0.216500	0.001072
90.06	9183.90	114.63	0.218500	0.001082
90.57	9236.01	115.28	0.220700	0.001093
90.93	9272.52	115.74	0.222700	0.001102
91.20	9299.85	116.08	0.224900	0.001113
91.28	9307.90	116.18	0.226900	0.001123
91.32	9312.49	116.23	0.229100	0.001134
91.20	9299.84	116.07	0.231100	0.001144
90.83	9262.22	115.61	0.233200	0.001154
90.25	9202.97	114.87	0.235200	0.001164

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga Última =	41.094	KN
S2 =	5.214800498	kgf/cm ²
S1 =	15.43812666	kgf/cm ²
E2 =	0.000478061	
E1 =	0.00005	
	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)
	10.585	13.43229261
	10.898	13.82948747
		0.002
		9.901E-06

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
40.77	0.10	0.00
41.09	X	0
41.66	0.10	0.00

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 03 DÍAS DE CURADO, GC-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 25/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

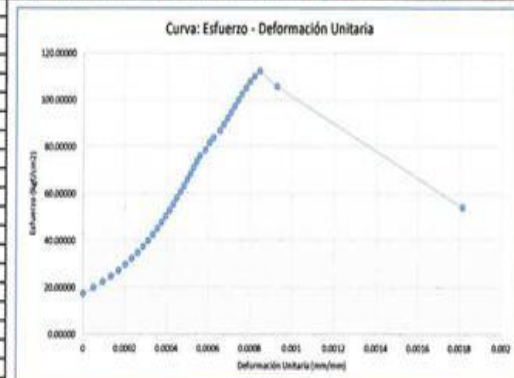
Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
13.67	1393.45	17.39	0.000000	0.000000
15.58	1588.21	19.82	0.010200	0.000050
17.45	1779.62	22.21	0.019000	0.000094
19.36	1974.18	24.64	0.027100	0.000134
21.31	2173.43	27.13	0.034300	0.000170
23.29	2374.42	29.64	0.040900	0.000202
25.28	2577.34	32.17	0.047100	0.000233
27.27	2781.08	34.71	0.052700	0.000261
29.29	2986.86	37.28	0.058000	0.000287
31.30	3192.03	39.84	0.062900	0.000311
33.32	3397.71	42.41	0.067500	0.000334
35.37	3606.24	45.01	0.071800	0.000355
37.39	3812.43	47.58	0.075800	0.000375
39.44	4021.47	50.19	0.079700	0.000395
41.47	4229.19	52.79	0.083400	0.000413
43.51	4436.70	55.38	0.087100	0.000431
45.57	4646.97	58.00	0.090500	0.000448
47.60	4854.17	60.59	0.094000	0.000465
49.64	5061.48	63.17	0.097300	0.000482
51.69	5271.14	65.79	0.100500	0.000498
53.77	5483.03	68.44	0.103700	0.000513
55.81	5690.85	71.03	0.106700	0.000528
57.85	5898.88	73.63	0.109800	0.000544
59.70	6087.32	75.98	0.112900	0.000559
61.64	6285.04	78.45	0.116200	0.000585
64.06	6532.73	81.54	0.122000	0.000604
65.69	6698.44	83.61	0.126000	0.000624
68.14	6947.86	86.72	0.132200	0.000654
70.23	7161.49	89.39	0.136000	0.000673
72.31	7373.80	92.04	0.139500	0.000691
74.35	7581.11	94.62	0.143000	0.000708
76.37	7787.60	97.20	0.146500	0.000725
78.38	7992.16	99.75	0.150000	0.000743
80.41	8199.47	102.34	0.153600	0.000760
82.46	8408.10	104.95	0.157400	0.000779
84.44	8610.62	107.47	0.161300	0.000799
86.41	8811.81	109.98	0.165700	0.000820
88.29	9002.70	112.37	0.170700	0.000845
82.84	8446.95	105.43	0.187500	0.000928
42.40	4323.41	53.96	0.366100	0.001812

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	39.7305	KN				
S2=	50.4177328	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	19.74080597	kgf/cm ²	13.665	17.34079155	0	0
E2=	0.000397194			X		0.00005
E1=	0.00005		15.575	19.76456849	0.0102	5.0495E-05

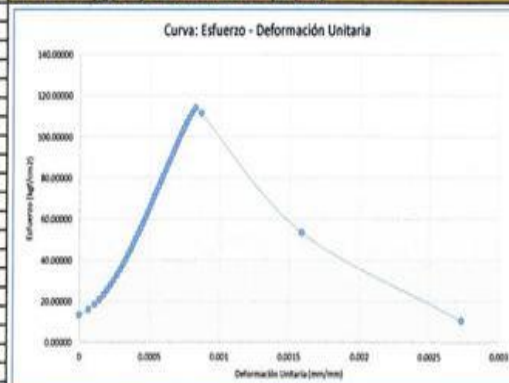
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
39.44	0.08	0.00
39.73	X	
41.47	0.08	0.00

Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
10.50	1070.91	13.37	0.000000	0.000000
12.55	1280.05	15.98	0.013100	0.000065
14.48	1476.66	18.43	0.022100	0.000109
16.35	1666.83	20.80	0.028900	0.000143
18.18	1854.05	23.14	0.034600	0.000171
20.03	2042.30	25.49	0.039700	0.000197
21.92	2235.23	27.90	0.044600	0.000221
23.83	2429.48	30.32	0.049400	0.000245
25.80	2630.78	32.84	0.054100	0.000268
27.75	2829.62	35.32	0.058500	0.000290
29.74	3032.85	37.85	0.062700	0.000310
31.71	3233.63	40.36	0.066600	0.000330
33.69	3435.64	42.88	0.070300	0.000348
35.71	3641.11	45.45	0.074000	0.000366
37.69	3843.02	47.97	0.077300	0.000383
39.69	4047.47	50.52	0.080900	0.000400
41.72	4253.76	53.09	0.084400	0.000418
43.72	4457.91	55.64	0.087900	0.000435
45.71	4660.83	58.17	0.091300	0.000452
47.73	4867.53	60.75	0.094700	0.000469
49.76	5073.72	63.33	0.098000	0.000485
51.75	5277.25	65.87	0.101200	0.000501
53.76	5481.91	68.42	0.104400	0.000517
55.76	5686.06	70.97	0.107600	0.000533
57.76	5890.00	73.52	0.110800	0.000549
59.77	6094.76	76.07	0.114100	0.000565
61.79	6300.44	78.64	0.117300	0.000581
63.79	6505.00	81.19	0.120400	0.000596
65.80	6710.06	83.75	0.123600	0.000612
67.77	6911.05	86.26	0.126800	0.000628
69.72	7109.18	88.73	0.130300	0.000645
71.87	7329.14	91.48	0.133700	0.000662
73.89	7534.51	94.04	0.136900	0.000678
75.90	7739.16	96.60	0.140100	0.000694
77.91	7944.33	99.16	0.143400	0.000710
79.87	8144.71	101.66	0.146700	0.000726
81.87	8348.14	104.20	0.150200	0.000744
83.84	8549.74	106.71	0.153600	0.000760
85.82	8751.03	109.23	0.157400	0.000779

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	40.3155	KN				
S2=	51.21070977	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	15.3488024	kgf/cm ²	10.502	13.34015141	0	0
E2=	0.000405835			X		0.00005
E1=	0.00005		12.553	15.9454314	0.0131	6.4851E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
39.69	0.08	0.00
40.32	X	
41.72	0.08	0.00

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 03 DÍAS DE CURADO, GC-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 25/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

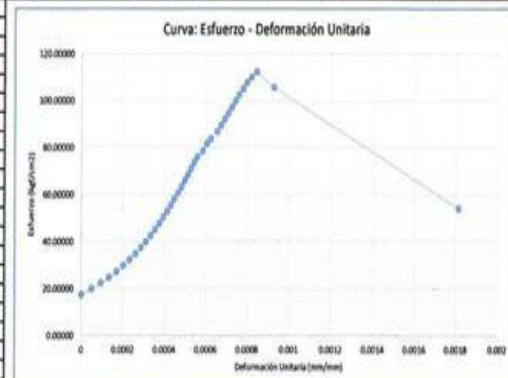
Aseor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
13.67	1393.45	17.39	0.000000	0.000000
15.58	1588.21	19.82	0.010200	0.000050
17.45	1779.62	22.21	0.019000	0.000094
19.36	1974.18	24.64	0.027100	0.000134
21.31	2173.43	27.13	0.034300	0.000170
23.29	2374.42	29.64	0.040900	0.000202
25.28	2577.34	32.17	0.047100	0.000233
27.27	2781.08	34.71	0.052700	0.000261
29.29	2986.86	37.28	0.058000	0.000287
31.30	3192.01	39.84	0.062900	0.000311
33.32	3397.71	42.41	0.067500	0.000334
35.37	3606.24	45.01	0.071800	0.000355
37.39	3812.43	47.58	0.075800	0.000375
39.44	4021.47	50.19	0.079700	0.000395
41.47	4229.19	52.79	0.083400	0.000413
43.51	4436.70	55.38	0.087100	0.000431
45.57	4646.97	58.00	0.090500	0.000448
47.60	4854.17	60.59	0.094000	0.000465
49.64	5061.48	63.17	0.097300	0.000482
51.69	5271.14	65.79	0.100500	0.000498
53.77	5483.03	68.44	0.103700	0.000513
55.81	5690.85	71.03	0.106700	0.000528
57.85	5898.88	73.63	0.109800	0.000544
59.70	6087.32	75.98	0.112900	0.000559
61.64	6285.04	78.45	0.116200	0.000585
64.06	6532.73	81.54	0.122000	0.000604
65.69	6698.44	83.61	0.126000	0.000624
68.14	6947.86	86.72	0.132200	0.000654
70.23	7161.49	89.39	0.136000	0.000673
72.31	7373.80	92.04	0.139500	0.000691
74.35	7581.11	94.62	0.143000	0.000708
76.37	7787.60	97.20	0.146500	0.000725
78.38	7992.16	99.75	0.150000	0.000743
80.41	8199.47	102.34	0.153600	0.000760
82.46	8408.10	104.95	0.157400	0.000779
84.44	8610.62	107.47	0.161300	0.000799
86.41	8811.81	109.98	0.165700	0.000820
88.29	9002.70	112.37	0.170700	0.000845
82.84	8446.95	105.43	0.187500	0.000928
42.40	4323.41	53.96	0.366300	0.001812

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculo e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	39.7305	KN				
S2=	50.4177328	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	19.74080597	kgf/cm ²	13.665	17.34079155	0	0
E2=	0.000397194			X		0.00005
E1=	0.00005		15.575	19.76456849	0.0102	5.0495E-05

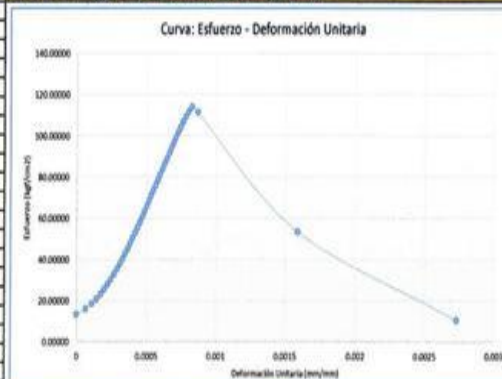
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
39.44	0.08	0.00
39.73		X
41.47	0.08	0.00

Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
10.50	1070.91	13.37	0.000000	0.000000
12.55	1280.05	15.98	0.013100	0.000065
14.48	1476.66	18.43	0.022100	0.000109
16.35	1666.83	20.80	0.028900	0.000143
18.18	1854.05	23.14	0.034600	0.000171
20.03	2042.30	25.49	0.039700	0.000197
21.92	2235.23	27.90	0.044600	0.000221
23.83	2429.48	30.32	0.049400	0.000245
25.80	2630.78	32.84	0.054100	0.000268
27.75	2829.62	35.32	0.058500	0.000290
29.74	3032.85	37.85	0.062700	0.000310
31.71	3233.63	40.36	0.066600	0.000330
33.69	3435.64	42.88	0.070300	0.000348
35.71	3641.11	45.45	0.074000	0.000366
37.69	3843.02	47.97	0.077300	0.000383
39.69	4047.47	50.52	0.080900	0.000400
41.72	4253.76	53.09	0.084400	0.000418
43.72	4457.91	55.64	0.087900	0.000435
45.71	4660.83	58.17	0.091300	0.000452
47.73	4867.53	60.75	0.094700	0.000469
49.76	5073.72	63.33	0.098000	0.000485
51.75	5277.25	65.87	0.101200	0.000501
53.76	5481.91	68.47	0.104400	0.000517
55.76	5686.06	70.97	0.107600	0.000533
57.76	5890.00	73.52	0.110800	0.000549
59.77	6094.76	76.07	0.114100	0.000565
61.79	6300.44	78.64	0.117300	0.000581
63.79	6505.00	81.19	0.120400	0.000596
65.80	6710.06	83.75	0.123600	0.000612
67.77	6911.05	86.26	0.126800	0.000628
69.72	7109.18	88.73	0.130300	0.000645
71.87	7329.14	91.48	0.133700	0.000662
73.89	7534.51	94.04	0.136900	0.000678
75.90	7739.16	96.60	0.140100	0.000694
77.91	7944.33	99.16	0.143400	0.000710
79.87	8144.71	101.66	0.146700	0.000726
81.87	8348.14	104.20	0.150200	0.000744
83.84	8549.74	106.71	0.153600	0.000760
85.82	8751.03	109.23	0.157400	0.000779

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculo e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	40.3155	KN				
S2=	51.22070977	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	15.34880224	kgf/cm ²	10.502	13.34015141	0	0
E2=	0.000405835			X		0.00005
E1=	0.00005		12.553	15.94543314	0.0131	6.4851E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
39.69	0.08	0.00
40.37		X
41.72	0.08	0.00

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 03 DÍAS DE CURADO, GC-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 25/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

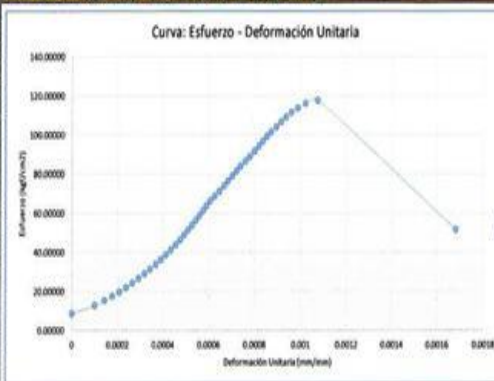
Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
6.81	694.12	8.66	0.000000	0.000000
10.01	1020.33	12.74	0.020100	0.000100
11.96	1219.79	15.22	0.028900	0.000143
13.73	1399.67	17.47	0.035700	0.000177
15.45	1575.77	19.67	0.042000	0.000208
17.21	1754.43	21.90	0.047900	0.000237
19.03	1940.02	24.21	0.053500	0.000265
20.87	2128.26	26.56	0.058900	0.000292
22.76	2321.19	28.97	0.064200	0.000318
24.69	2517.38	31.42	0.069300	0.000343
26.60	2712.66	33.86	0.074200	0.000367
28.55	2911.20	36.34	0.078900	0.000391
30.51	3111.06	38.83	0.083400	0.000413
32.45	3309.09	41.30	0.087700	0.000434
34.42	3509.57	43.80	0.092000	0.000455
36.40	3711.68	46.33	0.095900	0.000475
38.36	3911.14	48.82	0.099600	0.000493
40.31	4110.70	51.31	0.103000	0.000510
42.27	4310.66	53.80	0.106500	0.000527
44.24	4511.04	56.30	0.109900	0.000544
46.21	4712.33	58.82	0.113100	0.000560
48.18	4912.50	61.32	0.116300	0.000576
50.14	5113.18	63.82	0.119300	0.000591
52.12	5314.78	66.34	0.122300	0.000605
53.97	5503.33	68.69	0.126200	0.000625
56.02	5712.17	71.30	0.130600	0.000647
58.08	5922.53	73.92	0.134400	0.000665
60.05	6123.72	76.43	0.138000	0.000683
62.00	6322.06	78.91	0.141900	0.000702
64.03	6529.17	81.49	0.145500	0.000720
65.92	6722.30	83.90	0.149000	0.000738
67.86	6919.31	86.36	0.153300	0.000759
69.71	7108.16	88.72	0.157100	0.000778
71.89	7330.67	91.50	0.161200	0.000798
73.93	7538.59	94.09	0.164900	0.000816
75.92	7741.20	96.62	0.168500	0.000834
77.91	7944.13	99.15	0.172100	0.000852
79.67	8124.31	101.40	0.175800	0.000870
81.73	8334.27	104.02	0.180200	0.000892
83.74	8538.73	106.58	0.184600	0.000914

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
85.73	8741.86	109.11	0.188900	0.000935
87.62	8934.48	111.52	0.193600	0.000958
89.29	9105.28	113.65	0.199100	0.000986
91.12	9291.59	115.97	0.205900	0.001019
92.40	9422.31	117.60	0.217000	0.001074
40.56	4135.58	51.62	0.339600	0.001681

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	41.58	KN				
S2+	52.68657534	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1+	10.66207215	kgf/cm ²	6.807	8.62540941	0	0
E2+	0.000521105			X		0.00005
E1+	0.00005		10.006	12.67873672	0.0201	9.9505E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
40.31	0.10	0.00
41.58		X
42.27	0.11	0.00

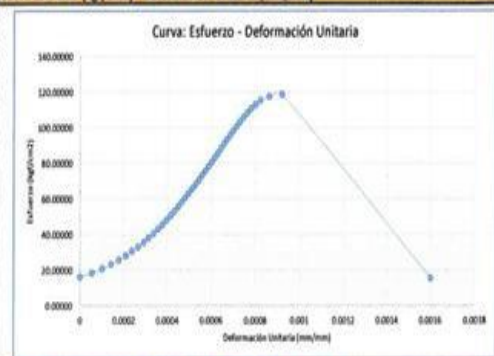
Molde de prueba 5:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
12.69	1294.02	16.15	0.000000	0.000000
14.56	1485.02	18.54	0.011100	0.000055
16.42	1674.48	20.90	0.020500	0.000101
18.31	1867.31	23.31	0.028700	0.000142
20.21	2061.06	25.73	0.035900	0.000178
22.12	2255.62	28.15	0.042300	0.000209
24.03	2450.39	30.58	0.048100	0.000238
25.96	2647.09	33.04	0.053600	0.000265
27.89	2843.90	35.50	0.058600	0.000290
29.85	3043.46	37.99	0.063300	0.000313
31.80	3242.81	40.48	0.067900	0.000336
33.76	3442.27	42.96	0.072200	0.000357
35.71	3641.22	45.45	0.076200	0.000377
37.67	3841.69	47.95	0.080000	0.000396
39.64	4041.76	50.45	0.083800	0.000415
41.58	4240.00	52.92	0.087300	0.000432
43.55	4441.29	55.43	0.090700	0.000449
45.54	4643.91	57.96	0.094000	0.000465
47.50	4843.36	60.45	0.097300	0.000482
49.46	5043.54	62.95	0.100500	0.000498
51.42	5243.81	65.45	0.103700	0.000513
53.39	5443.88	67.95	0.106700	0.000528
55.37	5646.19	70.47	0.109700	0.000543
57.37	5850.24	73.02	0.112700	0.000558
59.35	6052.24	75.54	0.115700	0.000573
61.31	6252.31	78.04	0.118600	0.000587
63.28	6453.09	80.54	0.121400	0.000601
65.26	6654.49	83.06	0.124300	0.000615
67.23	6855.58	85.57	0.127200	0.000630
69.21	7056.97	88.08	0.129800	0.000643
71.18	7258.47	90.60	0.132600	0.000656
73.15	7459.66	93.11	0.135400	0.000670
75.13	7661.56	95.63	0.138300	0.000685
77.07	7859.19	98.09	0.141200	0.000699
79.03	8059.05	100.59	0.144200	0.000714
81.01	8261.06	103.11	0.147300	0.000729
82.96	8459.50	105.59	0.150500	0.000745
84.92	8659.05	108.08	0.153800	0.000761

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
86.85	8856.68	110.54	0.157300	0.000779
88.77	9051.85	112.98	0.161300	0.000799
90.59	9238.05	115.30	0.166000	0.000822
92.32	9414.26	117.50	0.173900	0.000861
93.18	9501.45	118.59	0.185500	0.000918
12.07	1231.11	15.37	0.323700	0.001602

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	41.931	KN				
S2+	53.26279648	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1+	18.28479105	kgf/cm ²		X		0.00005
E2+	0.000435171		12.89	16.11945547	0	0
E1+	0.00005		14.563	18.49863121	0.0111	5.495E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
41.58	0.09	0.00
41.93		X
43.55	0.09	0.00

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 07 DÍAS DE CURADO, GC-07 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 31/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Camacho Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 24/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
14.75	1504.60	18.78	0.000000	0.000000
16.65	1697.43	21.19	0.000800	0.000044
18.53	1889.85	23.59	0.016000	0.000799
20.44	2084.51	26.02	0.022200	0.001110
22.37	2280.60	28.47	0.028100	0.001399
24.33	2480.57	30.96	0.033900	0.001688
26.31	2682.37	33.48	0.039100	0.001994
28.29	2884.38	36.00	0.043800	0.002217
30.28	3087.41	38.54	0.048300	0.002399
32.24	3287.68	41.04	0.052400	0.002599
34.24	3491.62	43.58	0.056500	0.002800
36.24	3695.57	46.13	0.060500	0.003000
38.23	3897.98	48.65	0.064300	0.003188
40.23	4102.03	51.20	0.068000	0.003377
42.26	4309.54	53.79	0.071800	0.003555
44.24	4510.94	56.30	0.075400	0.003733
46.24	4715.19	58.85	0.079100	0.003922
48.27	4922.29	61.44	0.082800	0.004110
50.31	5130.21	64.03	0.086200	0.004277
52.26	5329.16	66.52	0.089800	0.004445
54.35	5542.28	69.18	0.093400	0.004622
56.37	5748.26	71.75	0.096800	0.004799
58.39	5953.74	74.31	0.100000	0.004995
60.39	6158.50	76.87	0.103200	0.005111
62.42	6364.89	79.44	0.106300	0.005266
64.43	6570.06	82.00	0.109500	0.005422
66.45	6776.04	84.58	0.112700	0.005558
68.47	6981.72	87.14	0.115800	0.005733
70.49	7187.90	89.72	0.118900	0.005889
72.52	7394.50	92.29	0.122000	0.006064
74.53	7599.57	94.85	0.125200	0.006200
76.55	7805.85	97.43	0.128400	0.006366
78.53	7985.53	99.67	0.132100	0.006554
80.60	8218.84	102.58	0.136700	0.006777
82.68	8430.54	105.23	0.140100	0.006994
84.69	8636.11	107.79	0.143400	0.007170
86.70	8841.28	110.35	0.146800	0.007327
88.74	9048.49	112.94	0.150000	0.007483
90.75	9253.96	115.50	0.153200	0.007588
92.77	9459.74	118.07	0.156500	0.007775
94.79	9665.93	120.65	0.159800	0.007911
96.80	9871.20	123.21	0.163100	0.008087

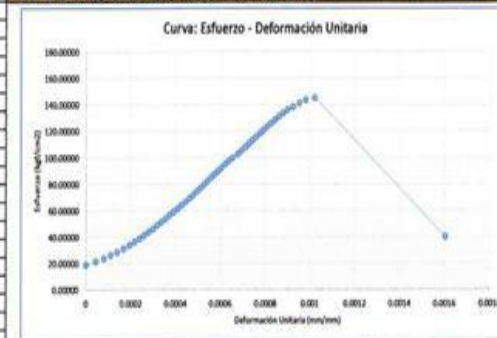
Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
19.01	1938.90	24.20	0.000000	0.000000
20.94	2134.99	26.05	0.006300	0.000031
22.88	2333.12	29.12	0.012100	0.000060
24.83	2532.37	31.61	0.017600	0.000087
26.81	2734.07	34.13	0.022600	0.000112
28.81	2938.22	36.67	0.027200	0.000135
30.80	3140.53	39.20	0.031500	0.000156
32.82	3346.31	41.77	0.035400	0.000175
34.80	3548.42	44.29	0.039100	0.000194
36.83	3755.22	46.87	0.042700	0.000211
38.83	3959.37	49.42	0.046100	0.000228
40.83	4163.31	51.96	0.049400	0.000245
42.85	4369.60	54.54	0.052500	0.000260
44.88	4576.30	57.12	0.055500	0.000275
46.89	4781.26	59.68	0.058500	0.000290
48.90	4986.43	62.24	0.061300	0.000303
50.94	5194.45	64.83	0.064100	0.000317
52.97	5401.46	67.42	0.066900	0.000331
54.98	5606.62	69.98	0.069400	0.000344
57.01	5813.02	72.56	0.072100	0.000357
59.03	6019.61	75.13	0.074800	0.000370
61.07	6227.33	77.73	0.077400	0.000383
63.09	6433.72	80.30	0.080000	0.000396
65.11	6639.40	82.87	0.082600	0.000409
67.13	6845.07	85.44	0.085200	0.000422
69.15	7051.06	88.01	0.087700	0.000434
71.17	7257.45	90.58	0.090200	0.000447
73.19	7463.74	93.16	0.092600	0.000458
75.22	7669.93	95.73	0.095100	0.000471
77.24	7876.42	98.31	0.097400	0.000482
79.27	8083.01	100.89	0.099800	0.000494
81.29	8289.51	103.47	0.102200	0.000506
83.32	8496.21	106.05	0.104600	0.000517
85.34	8702.29	108.62	0.106700	0.000528
87.31	8902.67	111.12	0.109100	0.000540
89.42	9118.44	113.81	0.111500	0.000552
91.45	9325.24	116.39	0.113800	0.000563
93.49	9532.95	118.99	0.116100	0.000575
95.60	9748.42	121.68	0.118500	0.000587
97.65	9957.77	124.29	0.120900	0.000599
99.62	10158.04	126.79	0.123300	0.000610

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
98.78	10071.10	125.73	0.166500	0.000824
100.80	10278.47	128.29	0.170100	0.000842
102.83	10485.98	130.88	0.173800	0.000860
104.84	10695.74	133.44	0.177500	0.000879
106.82	10892.65	135.96	0.181500	0.000899
108.53	11067.33	138.14	0.186500	0.000923
110.82	11300.03	141.04	0.192000	0.000951
112.67	11489.19	143.40	0.197800	0.000979
113.92	11616.14	144.99	0.206000	0.001020
113.97	1198.96	39.93	0.324000	0.001604

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



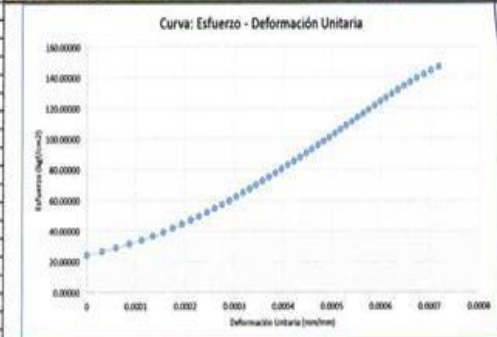
Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	51.264 KN
S2=	65.05366543 kgf/cm²
S1=	31.47815629 kgf/cm²
E2=	0.000435447
E1=	0.00005

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
50.31	0.09	0.00
51.26	X	X
52.26	0.09	0.00

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
101.62	10362.39	129.34	0.125600	0.000622
103.64	10568.48	131.91	0.128100	0.000634
105.66	10774.46	134.48	0.130600	0.000647
107.66	10977.80	137.02	0.133200	0.000659
109.64	11180.52	139.55	0.135800	0.000672
111.65	11384.87	142.10	0.138700	0.000687
113.65	11589.02	144.65	0.141700	0.000701
115.62	11789.59	147.15	0.144900	0.000717
116.26	11854.86	147.97	0.149000	0.000738
117.97	12029.84	150.15	0.173200	0.000857

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	53.0865 KN
S2=	67.43305538 kgf/cm²
S1=	28.04854362 kgf/cm²
E2=	0.000331905
E1=	0.00005

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
52.97	0.07	0.00
53.09	X	X
54.98	0.07	0.00

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 07 DÍAS DE CURADO, GC-07 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 31/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 24/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
18.81	1918.50	23.95	0.000000	0.000000
20.73	2114.08	26.39	0.008200	0.00041
22.68	2312.32	28.86	0.015700	0.00078
24.65	2513.10	31.37	0.022600	0.00112
26.64	2716.64	33.91	0.029100	0.00144
28.66	2922.21	36.47	0.035100	0.00174
30.67	3127.89	39.04	0.040700	0.00201
32.68	3332.55	41.60	0.045700	0.00226
34.71	3539.14	44.17	0.050500	0.00250
36.72	3744.00	46.73	0.054900	0.00272
38.74	3950.19	49.30	0.059100	0.00293
40.76	4155.97	51.87	0.063100	0.00312
42.77	4361.75	54.44	0.067000	0.00332
44.78	4565.80	56.99	0.070700	0.00350
46.78	4770.25	59.54	0.074300	0.00368
48.82	4978.48	62.14	0.077900	0.00386
50.85	5186.40	64.73	0.081400	0.00403
52.82	5386.26	67.23	0.085100	0.00421
54.83	5591.53	69.79	0.088700	0.00439
56.92	5804.45	72.45	0.092300	0.00457
58.96	6011.96	75.04	0.095600	0.00473
60.98	6218.35	77.61	0.098900	0.00490
63.00	6424.34	80.19	0.102200	0.00506
65.02	6630.42	82.76	0.105400	0.00522
66.71	6802.65	84.91	0.109600	0.00543
68.72	7007.62	87.47	0.114700	0.00568
70.91	7230.63	90.25	0.119200	0.00590
72.89	7432.54	92.77	0.124800	0.00618
75.13	7660.65	95.62	0.129500	0.00641
77.37	7889.27	98.47	0.133500	0.00661
79.28	8084.24	100.90	0.137200	0.00679
81.33	8293.79	103.52	0.141400	0.00700
83.48	8512.42	106.25	0.145200	0.00719
85.50	8718.30	108.82	0.148600	0.00736
87.52	8924.08	111.39	0.152100	0.00753
89.53	9129.55	113.95	0.155400	0.00769
91.55	9335.94	116.53	0.158800	0.00786
93.56	9540.70	119.08	0.162300	0.00803
95.67	9755.15	121.76	0.165800	0.00821
97.70	9962.26	124.34	0.169400	0.00839

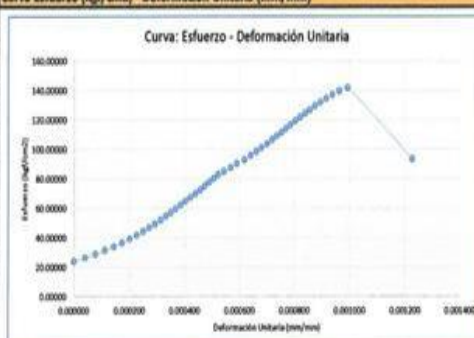
Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
17.93	1828.56	22.82	0.000000	0.000000
19.87	2025.98	25.29	0.005200	0.00026
21.79	2221.77	27.73	0.010000	0.00050
23.77	2423.77	30.25	0.014700	0.00073
25.74	2625.07	32.76	0.019000	0.00094
27.73	2827.68	35.29	0.023300	0.00115
29.74	3032.44	37.85	0.027400	0.00136
31.72	3234.86	40.38	0.031300	0.00155
33.72	3438.60	42.92	0.035100	0.00174
35.75	3645.91	45.51	0.038900	0.00193
37.75	3849.65	48.05	0.042500	0.00210
39.74	4052.57	50.58	0.046200	0.00229
41.67	4248.66	53.03	0.050200	0.00249
43.75	4461.38	55.68	0.054900	0.00272
45.79	4668.79	58.27	0.058900	0.00292
47.80	4874.26	60.84	0.062800	0.00311
49.82	5080.14	63.41	0.066800	0.00331
51.82	5284.60	65.96	0.070900	0.00351
53.85	5491.09	68.54	0.075100	0.00372
55.90	5699.83	71.14	0.079300	0.00393
57.93	5907.65	73.74	0.083400	0.00413
59.96	6113.73	76.31	0.087400	0.00433
61.83	6304.52	78.69	0.092100	0.00456
63.86	6511.83	81.28	0.098200	0.00486
65.98	6727.60	83.97	0.103100	0.00510
68.00	6934.30	86.55	0.107500	0.00532
70.03	7141.41	89.14	0.111800	0.00553
72.11	7353.40	91.78	0.115400	0.00571
74.13	7559.18	94.35	0.118700	0.00588
76.14	7764.35	96.91	0.121900	0.00603
78.14	7967.79	99.45	0.125300	0.00620
80.01	8158.78	101.83	0.129000	0.00639
82.04	8365.58	104.42	0.133700	0.00662
84.15	8581.35	107.11	0.137900	0.00683
86.23	8792.54	109.74	0.141900	0.00702
88.26	8999.74	112.33	0.145400	0.00720
90.28	9205.93	114.90	0.149000	0.00738
92.30	9412.02	117.48	0.152600	0.00755
94.31	9617.39	120.04	0.156300	0.00774
96.34	9824.39	122.62	0.160400	0.00794
97.42	9934.52	124.00	0.166900	0.00826

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
99.69	10165.69	126.88	0.172900	0.00856
101.66	10366.27	129.39	0.176600	0.00874
103.58	10562.36	131.83	0.180500	0.00894
105.56	10764.16	134.35	0.184800	0.00915
107.60	10972.39	136.95	0.189300	0.00937
109.55	11170.93	139.43	0.194300	0.00962
111.27	11345.91	141.61	0.200300	0.00992
73.28	7472.00	93.26	0.247500	0.01225

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



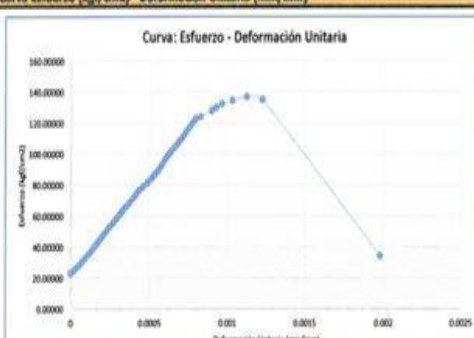
Cálculo e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última:	50.067	KN
S ₂ =	61.53468062	kgf/cm ²
S ₁ =	26.87272536	kgf/cm ²
E ₂ =	0.000396223	
E ₁ =	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
48.82	0.08	0.00
50.07		X
50.86	0.08	0.00

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
100.59	10257.77	128.03	0.181100	0.008897
102.13	10414.50	129.99	0.187100	0.00926
103.98	10602.54	132.34	0.194600	0.00963
105.68	10776.20	134.50	0.208300	0.01031
107.56	10968.21	136.90	0.227100	0.01124
106.24	10833.81	135.22	0.247300	0.01224
26.95	2748.55	34.31	0.400100	0.01981

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculo e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última:	48.402	KN
S ₂ =	61.54343431	kgf/cm ²
S ₁ =	27.58189979	kgf/cm ²
E ₂ =	0.000316795	
E ₁ =	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
47.80	0.06	0.00
48.40		X
49.82	0.07	0.00

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 07 DÍAS DE CURADO, GC-07 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 31/01/2024

Solicita: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 24/01/2024

Asesor: Mq. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

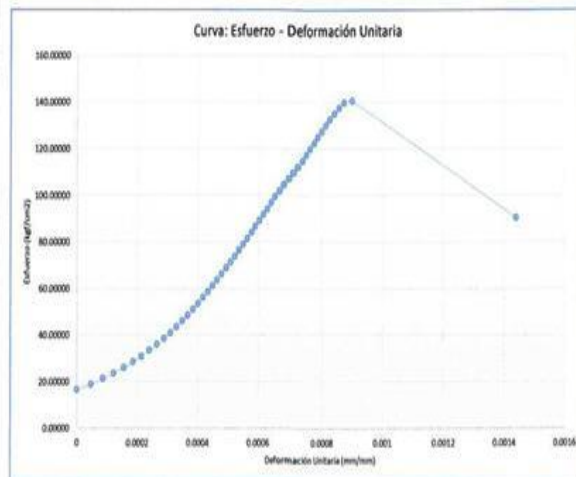
Molde de prueba S:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
12.96	1321.25	16.49	0.000000	0.000000
14.80	1508.98	18.83	0.009400	0.000047
16.64	1697.12	21.18	0.017500	0.000087
18.50	1886.48	23.55	0.024600	0.000122
20.40	2079.72	25.96	0.031300	0.000155
22.32	2275.71	28.40	0.037400	0.000185
24.25	2472.82	30.86	0.043100	0.000213
26.21	2672.48	33.36	0.048400	0.000240
28.19	2874.59	35.88	0.053500	0.000265
30.17	3076.50	38.40	0.058200	0.000288
32.14	3277.58	40.91	0.062400	0.000309
34.14	3480.92	43.45	0.066500	0.000329
36.12	3682.82	45.97	0.070400	0.000349
38.10	3884.73	48.49	0.074000	0.000366
40.09	4088.06	51.03	0.077600	0.000384
42.07	4289.45	53.54	0.081000	0.000401
44.05	4491.46	56.06	0.084200	0.000417
46.06	4696.73	58.62	0.087400	0.000433
48.05	4899.45	61.15	0.090600	0.000449
50.05	5103.19	63.70	0.093600	0.000463
52.03	5305.30	66.22	0.096700	0.000479
54.02	5508.63	68.76	0.099600	0.000493
56.02	5712.06	71.30	0.102500	0.000507
58.02	5916.42	73.85	0.105400	0.000522
60.03	6121.79	76.41	0.108200	0.000536
62.05	6327.46	78.98	0.111000	0.000550
64.03	6529.68	81.50	0.113700	0.000563
66.04	6734.03	84.05	0.116500	0.000577
68.03	6937.46	86.59	0.119100	0.000590
70.03	7140.79	89.13	0.121700	0.000602
72.03	7344.74	91.67	0.124400	0.000616
73.95	7540.83	94.12	0.127000	0.000629
76.04	7753.85	96.78	0.129700	0.000642
78.04	7957.39	99.32	0.132400	0.000655
79.97	8154.39	101.78	0.135100	0.000669
82.05	8366.39	104.43	0.137800	0.000682
84.06	8571.26	106.98	0.140600	0.000696
86.06	8775.30	109.53	0.143100	0.000708
88.04	8978.02	112.06	0.145700	0.000721
90.03	9180.85	114.59	0.148500	0.000735
92.08	9389.28	117.19	0.151000	0.000748
94.12	9598.01	119.80	0.153700	0.000761

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
96.17	9806.95	122.41	0.156400	0.000774
98.13	10006.00	124.89	0.158900	0.000787
100.12	10208.93	127.42	0.161700	0.000800
102.10	10411.75	129.95	0.164400	0.000814
104.07	10611.72	132.45	0.167100	0.000827
106.04	10812.60	134.96	0.170100	0.000842
107.97	11010.32	137.43	0.173200	0.000857
109.78	11194.08	139.72	0.176700	0.000875
110.37	11254.65	140.48	0.182100	0.000901
70.98	7237.67	90.34	0.290700	0.001439

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	49.6665	KN				
S2=	63.05761535	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	18.96190637	kgf/cm ²	12.957	16.45047511	0	0
E2=	0.000460553			X		0.00005
E1=	0.00005		14.798	18.78784678	0.0094	4.65347E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
48.05	0.09060	0.00045
49.67		X
50.05	0.09360	0.00046

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 28 DÍAS DE CURADO, GC-028 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 19/02/2024

Solicita: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Marlon M. Aguilar Alcantara

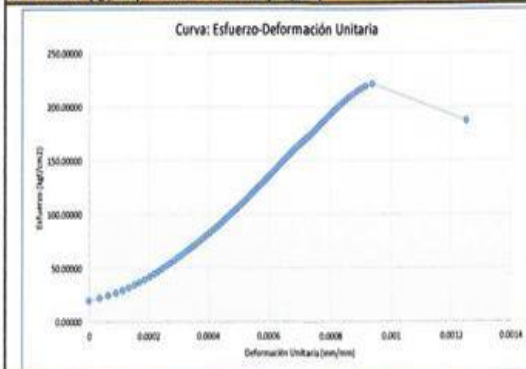
Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
15.37	1567.00	19.56	0.000000	0.000000
17.25	1759.02	21.96	0.007100	0.000035
19.16	1954.09	24.39	0.013000	0.000064
21.09	2150.39	26.84	0.018200	0.000090
23.02	2347.29	29.30	0.022800	0.000113
24.96	2545.32	31.77	0.027000	0.000134
26.91	2744.37	34.25	0.030700	0.000152
28.87	2943.42	36.74	0.034200	0.000169
30.83	3143.49	39.24	0.037600	0.000186
32.87	3351.72	41.83	0.040800	0.000202
34.86	3554.34	44.36	0.043800	0.000217
36.84	3756.85	46.89	0.046700	0.000231
38.85	3961.10	49.44	0.049600	0.000246
40.85	4165.76	52.00	0.052400	0.000259
42.90	4374.19	54.60	0.055100	0.000273
44.90	4578.24	57.14	0.057800	0.000286
46.90	4782.49	59.69	0.060400	0.000299
48.93	4989.29	62.27	0.063000	0.000312
50.97	5197.10	64.87	0.065500	0.000324
52.97	5401.46	67.42	0.067900	0.000336
54.98	5606.42	69.98	0.070400	0.000349
56.99	5811.69	72.54	0.072700	0.000360
59.00	6016.04	75.09	0.075100	0.000372
60.99	6219.58	77.63	0.077400	0.000383
63.02	6426.17	80.21	0.079500	0.000394
65.10	6638.07	82.85	0.081800	0.000405
67.15	6847.32	85.46	0.084100	0.000416
69.08	7043.92	87.92	0.086100	0.000426
70.88	7227.78	90.21	0.088100	0.000436
72.93	7437.23	92.83	0.090100	0.000446
75.00	7648.00	95.46	0.092200	0.000456
77.06	7857.96	98.08	0.094300	0.000467
79.12	8068.33	100.71	0.096300	0.000477
81.16	8276.35	103.30	0.098300	0.000487
83.22	8485.80	105.92	0.100300	0.000497
85.29	8697.19	108.55	0.102200	0.000506
87.32	8904.30	111.14	0.104100	0.000515
89.35	9110.79	113.72	0.106000	0.000525
91.38	9317.90	116.30	0.107900	0.000534
93.41	9524.80	118.88	0.109800	0.000544
95.43	9731.60	121.47	0.111600	0.000552
97.50	9942.07	124.09	0.113500	0.000562
99.62	10158.86	126.80	0.115300	0.000571
101.64	10364.03	129.36	0.117200	0.000580
103.64	10567.87	131.90	0.119000	0.000589
105.64	10771.32	134.45	0.120800	0.000598
107.65	10977.59	137.02	0.122500	0.000606
109.67	11182.96	139.58	0.124300	0.000615
111.68	11388.64	142.15	0.126100	0.000624
113.70	11593.91	144.71	0.127800	0.000633
115.72	11800.10	147.28	0.129600	0.000642
117.74	12005.78	149.85	0.131300	0.000650

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
119.76	12212.27	152.43	0.133100	0.000659
121.78	12418.35	155.00	0.134900	0.000668
123.81	12624.75	157.58	0.136600	0.000676
125.83	12831.24	160.15	0.138300	0.000685
127.83	13034.67	162.69	0.140100	0.000694
129.87	13243.41	165.30	0.142000	0.000703
131.91	13450.82	167.89	0.143700	0.000711
133.93	13657.31	170.46	0.145500	0.000720
135.96	13864.32	173.05	0.147200	0.000729
137.98	14070.10	175.62	0.149100	0.000738
139.99	14275.37	178.18	0.150900	0.000747
141.99	14478.70	180.72	0.152600	0.000755
144.02	14685.70	183.30	0.154400	0.000764
146.05	14892.60	185.88	0.156200	0.000773
148.09	15100.73	188.48	0.158200	0.000783
150.11	15306.91	191.05	0.160000	0.000792
152.14	15514.22	193.64	0.162000	0.000802
154.17	15720.72	196.22	0.163800	0.000811
156.19	15927.11	198.79	0.165800	0.000821
158.18	16130.24	201.33	0.167800	0.000831
160.21	16336.42	203.90	0.170000	0.000842
162.24	16543.94	206.49	0.172100	0.000852
164.24	16747.88	209.04	0.174400	0.000863
166.24	16952.23	211.59	0.176700	0.000875
168.23	17154.44	214.11	0.179200	0.000887
170.20	17355.74	216.63	0.182000	0.000901
172.10	17549.38	219.04	0.185200	0.000917
173.78	17720.80	221.18	0.189700	0.000939
146.96	14985.70	187.04	0.152700	0.001251

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	78.20145	KN			
S2=	99.18806902	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESP. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)
S1=	22.89222188	kgf/cm ²		X	0.00005
E2=	0.00047231		15.36	19.48210347	0
E1=	0.00005		17.25	21.87931542	0.0071
					3.51485E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
77.06	0.09430	0.00047
78.20		X
79.12	0.09630	0.00048

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 28 DÍAS DE CURADO, GC-028 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 19/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

Asesor: Mq. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

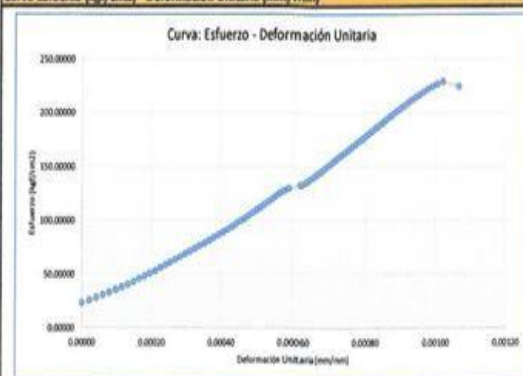
Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm2)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
18.18	1854.26	23.14	0.000000	0.000000
20.07	2046.68	25.55	0.004400	0.000022
21.97	2240.73	27.97	0.008500	0.000042
23.90	2437.13	30.42	0.012400	0.000061
25.86	2636.49	32.91	0.016100	0.000080
27.80	2835.03	35.39	0.019700	0.000098
29.79	3037.54	37.91	0.023200	0.000115
31.79	3241.18	40.45	0.026700	0.000132
33.76	3442.98	42.97	0.029900	0.000148
35.75	3645.70	45.50	0.033100	0.000164
37.75	3849.24	48.04	0.036300	0.000180
39.75	4052.98	50.59	0.039400	0.000195
41.73	4255.39	53.11	0.042500	0.000210
43.73	4459.44	55.66	0.045400	0.000225
45.74	4663.79	58.21	0.048400	0.000240
47.76	4870.39	60.79	0.051300	0.000254
49.76	5073.62	63.33	0.054200	0.000268
51.74	5276.34	65.86	0.057100	0.000283
53.76	5481.71	68.42	0.059900	0.000297
55.74	5684.23	70.95	0.062800	0.000311
57.76	5889.49	73.51	0.065600	0.000325
59.79	6097.11	76.10	0.068400	0.000339
61.78	6299.83	78.63	0.071200	0.000352
63.78	6504.18	81.18	0.073900	0.000366
65.78	6707.62	83.72	0.076500	0.000379
67.76	6909.21	86.34	0.079300	0.000393
69.80	7117.14	88.83	0.082000	0.000406
71.82	7323.43	91.41	0.084600	0.000419
73.80	7525.94	93.94	0.087100	0.000431
75.82	7731.52	96.50	0.089500	0.000443
77.84	7937.81	99.08	0.092000	0.000455
79.87	8144.20	101.65	0.094400	0.000467
81.88	8349.06	104.21	0.096700	0.000479
83.86	8551.58	106.74	0.099100	0.000491
85.83	8752.66	109.25	0.101300	0.000501
87.89	8962.32	111.86	0.103600	0.000513
89.86	9163.51	114.37	0.105800	0.000524
91.89	9369.90	116.95	0.108100	0.000535
93.92	9577.21	119.54	0.110300	0.000546
95.92	9781.46	122.09	0.112500	0.000557
97.94	9987.34	124.66	0.114600	0.000567
99.96	10192.82	127.22	0.116800	0.000578
101.60	10360.56	129.32	0.119300	0.000591
104.11	10616.61	132.51	0.125200	0.000620
106.15	10824.43	135.11	0.127700	0.000632
108.13	11026.44	137.63	0.129800	0.000643
110.11	11228.03	140.14	0.132000	0.000653
112.10	11430.96	142.68	0.134000	0.000663
114.06	11630.52	145.17	0.136100	0.000674
116.05	11839.44	147.70	0.138200	0.000684

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm2)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
118.08	12040.65	150.29	0.140200	0.000694
120.07	12243.78	152.82	0.142300	0.000704
122.08	12448.44	155.38	0.144200	0.000714
124.07	12651.87	157.91	0.146200	0.000724
126.08	12856.53	160.47	0.148200	0.000734
128.09	13061.90	163.03	0.150200	0.000744
130.08	13264.52	165.56	0.152200	0.000753
132.01	13460.92	168.01	0.154300	0.000764
134.06	13670.67	170.63	0.156400	0.000774
136.08	13876.45	173.20	0.158400	0.000784
138.10	14082.64	175.77	0.160400	0.000794
140.07	14283.52	178.28	0.162300	0.000803
142.13	14493.48	180.90	0.164300	0.000813
144.14	14698.35	183.46	0.166200	0.000823
146.16	14903.92	186.02	0.168200	0.000833
148.17	15108.68	188.58	0.170100	0.000842
150.18	15313.75	191.14	0.172200	0.000852
152.18	15518.30	193.69	0.174000	0.000861
154.15	15719.39	196.20	0.176100	0.000872
156.16	15923.64	198.75	0.178000	0.000881
158.18	16129.52	201.32	0.180100	0.000892
160.21	16336.83	203.91	0.182100	0.000901
162.21	16541.29	206.46	0.184300	0.000912
164.23	16746.76	209.02	0.186400	0.000923
166.20	16948.05	211.54	0.188500	0.000933
168.22	17153.42	214.10	0.190700	0.000944
170.19	17354.51	216.61	0.193000	0.000955
172.21	17560.50	219.18	0.195400	0.000967
174.25	17768.42	221.78	0.197800	0.000979
176.17	17964.00	224.22	0.200400	0.000992
178.09	18159.89	226.66	0.203300	0.001006
179.99	18353.94	229.09	0.206500	0.001022
176.24	17971.24	224.31	0.215700	0.001068

Curva Esfuerzo (kgf/cm2) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga (última)	80.9955 KN	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm2)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S2*	102.9862657	kgf/cm2	X		0.00005
S1*	28.62862266	kgf/cm2			0
E2*	0.000473723	18.184	23.12108544	0	0
E1*	0.00005	20.071	25.5203973	0.0044	7.17822E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
79.87	0.09440	0.00047
81.00		X
81.88	0.09670	0.00048

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 28 DÍAS DE CURADO, GC-028 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 19/02/2024

Solicitante: Bach. César A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

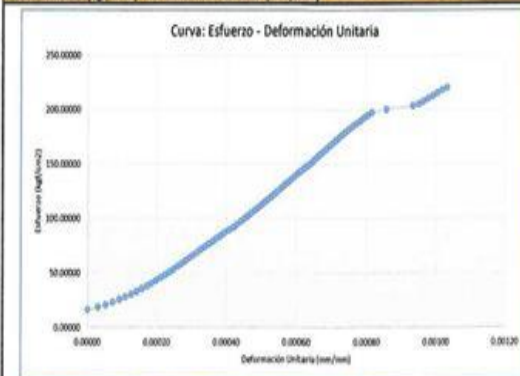
Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
12.79	1304.63	16.28	0.000000	0.000000
14.61	1489.71	18.59	0.006200	0.000031
16.42	1674.18	20.90	0.010700	0.000053
18.27	1862.52	23.25	0.014800	0.000073
20.14	2053.21	25.63	0.018600	0.000092
22.04	2247.87	28.06	0.022100	0.000109
23.98	2444.88	30.52	0.025500	0.000126
25.95	2646.17	33.03	0.028700	0.000142
27.91	2845.63	35.52	0.031800	0.000157
29.90	3048.76	38.05	0.034700	0.000172
31.88	3251.17	40.58	0.037500	0.000186
33.87	3453.59	43.11	0.040100	0.000199
35.87	3657.43	45.65	0.042700	0.000211
37.90	3864.53	48.24	0.045400	0.000225
39.99	4068.78	50.78	0.047800	0.000237
41.90	4271.12	53.32	0.050200	0.000249
43.90	4476.67	55.88	0.052700	0.000261
45.91	4681.94	58.44	0.054900	0.000272
47.97	4891.70	61.06	0.057300	0.000284
49.98	5096.56	63.61	0.059500	0.000295
51.99	5301.01	66.16	0.061700	0.000305
53.99	5505.57	68.72	0.063900	0.000316
56.01	5711.04	71.28	0.066000	0.000327
58.05	5918.96	73.88	0.068300	0.000338
60.09	6127.70	76.48	0.070600	0.000350
62.10	6332.67	79.04	0.073000	0.000361
64.11	6537.32	81.60	0.075100	0.000372
66.12	6742.69	84.16	0.077500	0.000384
68.13	6947.25	86.71	0.079700	0.000395
70.10	7148.34	89.22	0.082300	0.000407
72.19	7361.05	91.88	0.084800	0.000420
74.20	7565.91	94.43	0.086800	0.000430
76.24	7774.65	97.04	0.089100	0.000441
78.28	7981.96	99.63	0.091100	0.000451
80.24	8182.23	102.13	0.093200	0.000461
82.29	8390.77	104.73	0.095100	0.000471
84.32	8598.69	107.32	0.097300	0.000482
86.30	8799.98	109.84	0.099200	0.000491
88.37	9011.37	112.48	0.101300	0.000501
90.39	9217.15	115.04	0.103200	0.000511
92.41	9422.82	117.61	0.105200	0.000521
94.42	9627.99	120.17	0.107000	0.000530
96.44	9834.28	122.75	0.109000	0.000540
98.46	10040.27	125.32	0.110800	0.000549
100.49	10246.66	127.89	0.112800	0.000558
102.60	10462.33	130.59	0.114600	0.000567
104.66	10672.49	133.21	0.116600	0.000577
106.66	10876.03	135.75	0.118400	0.000586
108.66	11080.38	138.30	0.120300	0.000596
110.66	11283.81	140.84	0.122100	0.000604

Carga (ln)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
112.67	11489.59	143.41	0.123800	0.000613
114.68	11694.45	145.96	0.125700	0.000622
116.69	11899.42	148.52	0.127500	0.000631
118.72	12105.81	151.10	0.129400	0.000641
120.71	12309.14	153.64	0.131000	0.000649
122.75	12517.47	156.24	0.132900	0.000658
124.77	12722.54	158.80	0.134600	0.000666
126.79	12928.72	161.37	0.136500	0.000676
128.80	13134.30	163.94	0.138300	0.000685
130.83	13341.00	166.52	0.140100	0.000694
132.84	13545.96	169.07	0.142000	0.000703
134.86	13751.74	171.64	0.143800	0.000712
136.89	13959.15	174.23	0.145700	0.000721
138.91	14165.03	176.80	0.147500	0.000730
140.89	14367.14	179.32	0.149500	0.000740
142.92	14573.94	181.90	0.151300	0.000749
144.95	14780.33	184.48	0.153600	0.000760
146.97	14987.13	187.06	0.155800	0.000771
149.01	15194.34	189.65	0.158000	0.000782
151.03	15400.83	192.23	0.160100	0.000793
153.04	15605.49	194.78	0.162400	0.000804
155.06	15811.37	197.35	0.164800	0.000816
157.41	16051.41	200.35	0.167000	0.000856
159.93	16307.97	203.55	0.168600	0.000934
161.12	16429.83	205.07	0.192000	0.000950
163.02	16623.27	207.48	0.194800	0.000964
165.05	16830.17	210.07	0.197600	0.000978
167.08	17017.79	212.66	0.200300	0.000992
169.09	17242.24	215.21	0.203000	0.001005
171.10	17447.21	217.77	0.205900	0.001019
173.06	17646.97	220.26	0.208900	0.001034
174.86	17831.23	222.56	0.212500	0.001052
144.30	14714.66	183.66	0.282000	0.001396

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última*	78.6888	KN			
S2*	99.85554909	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)
S1*	19.9875224	kgf/cm ²		X	0.00005
E2*	0.000453175		12.794	16.23549851	0
E1*	0.00005		14.609	18.5387211	0.0062

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
78.28	0.09110	0.00045
78.69		X
80.74	0.09320	0.00046

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO DE CONTROL A LOS 28 DÍAS DE CURADO, GC-028 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 19/02/2024

Solicitante: Bach. César A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 22/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

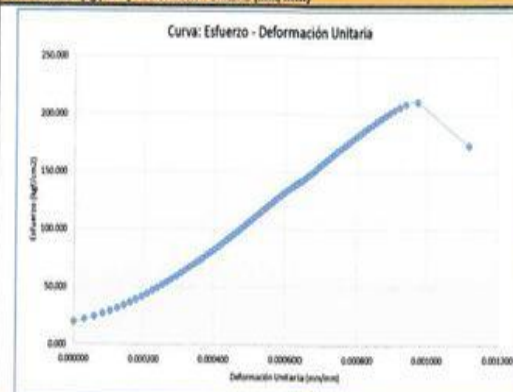
Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
15.01	1530.80	19.11	0.000000	0.000000
16.85	1717.92	21.44	0.006300	0.000031
18.76	1912.99	23.88	0.012000	0.000059
20.70	2110.92	26.35	0.017000	0.000084
22.62	2306.20	28.78	0.021300	0.000105
24.57	2505.25	31.27	0.025300	0.000125
26.52	2704.50	33.76	0.029000	0.000144
28.48	2904.26	36.25	0.032500	0.000161
30.47	3107.09	38.78	0.035800	0.000177
32.46	3310.22	41.32	0.039100	0.000194
34.44	3512.22	43.84	0.042200	0.000209
36.46	3718.31	46.41	0.045200	0.000224
38.47	3921.07	48.97	0.048100	0.000238
40.47	4126.50	51.50	0.051000	0.000252
42.47	4330.85	54.06	0.053700	0.000266
44.48	4535.71	56.61	0.056400	0.000279
46.51	4742.21	59.19	0.059200	0.000293
48.55	4950.94	61.80	0.061800	0.000306
50.56	5156.11	64.36	0.064400	0.000319
52.58	5361.28	66.92	0.066900	0.000331
54.60	5567.47	69.49	0.069400	0.000344
56.62	5773.45	72.06	0.071800	0.000355
58.65	5980.76	74.65	0.074300	0.000368
60.69	6188.88	77.25	0.076600	0.000379
62.72	6395.48	79.83	0.079000	0.000391
64.74	6601.52	82.40	0.081300	0.000402
66.75	6806.83	84.96	0.083500	0.000413
68.78	7013.43	87.54	0.085600	0.000424
70.80	7219.31	90.11	0.087800	0.000435
72.82	7426.01	92.69	0.090000	0.000446
74.84	7631.99	95.26	0.092100	0.000456
76.87	7838.59	97.84	0.094300	0.000467
78.90	8045.49	100.42	0.096300	0.000477
80.93	8252.59	103.00	0.098500	0.000488
82.95	8458.58	105.58	0.100400	0.000497
85.00	8667.52	108.18	0.102600	0.000508
87.03	8874.93	110.77	0.104500	0.000517
89.08	9083.87	113.38	0.106700	0.000528
91.09	9288.94	115.94	0.108600	0.000538
93.07	9490.84	118.46	0.110700	0.000548
95.11	9698.15	121.05	0.112600	0.000557
97.19	9910.15	123.69	0.114800	0.000568
99.23	10118.68	126.30	0.116800	0.000578
101.36	10335.58	129.00	0.119100	0.000590
103.39	10542.38	131.58	0.121100	0.000600
105.39	10746.42	134.13	0.123300	0.000610
107.39	10950.57	136.68	0.125300	0.000620
109.41	11156.45	139.25	0.127300	0.000630

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
111.42	11361.52	141.81	0.129300	0.000640
113.43	11566.58	144.37	0.131400	0.000650
115.44	11771.44	146.93	0.133400	0.000660
117.45	11976.41	149.48	0.135500	0.000671
119.46	12181.78	152.05	0.137500	0.000681
121.47	12386.33	154.60	0.139500	0.000691
123.51	12594.26	157.20	0.141600	0.000701
125.54	12801.97	159.79	0.143600	0.000711
127.58	13009.38	162.38	0.145700	0.000721
129.60	13215.98	164.96	0.147900	0.000732
131.63	13422.98	167.54	0.150000	0.000743
133.67	13630.39	170.13	0.152300	0.000754
135.70	13837.09	172.71	0.154600	0.000765
137.72	14043.58	175.29	0.156700	0.000776
139.75	14250.79	177.87	0.159000	0.000787
141.78	14457.28	180.45	0.161100	0.000798
143.76	14659.09	182.97	0.163500	0.000809
145.79	14866.91	185.56	0.165700	0.000820
147.82	15073.81	188.14	0.168000	0.000832
149.85	15280.50	190.72	0.170500	0.000844
151.86	15485.26	193.28	0.172800	0.000855
153.89	15692.37	195.86	0.175300	0.000868
155.92	15899.47	198.45	0.177800	0.000880
157.91	16102.60	200.98	0.180300	0.000893
159.91	16306.65	203.53	0.183100	0.000906
161.87	16506.41	206.03	0.186100	0.000917
163.73	16695.77	208.39	0.189600	0.000939
165.35	16860.66	210.45	0.196600	0.000973
135.83	13850.96	172.88	0.225900	0.001118

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	74.4057	KN				
S2=	94.60779537	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	22.82819705	kgf/cm ²		X		0.00005
E2=	0.000453685		15.012	19.08764835	0	0
E1=	0.00005		16.847	21.4210619	0.0063	3.11881E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
72.82	0.09000	0.00045
74.41		X
74.84	0.09210	0.00046

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE-10%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 29/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

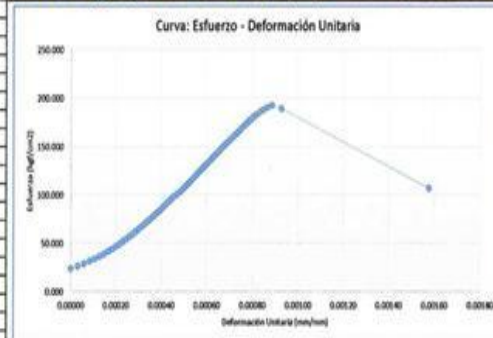
Asesor: Mg. Ing. Marion M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
14.88	1516.94	18.93	0.000000	0.000000
16.75	1707.62	21.31	0.013900	0.000069
18.63	1900.04	23.72	0.027000	0.000134
20.59	2099.30	26.20	0.039500	0.000196
22.56	2300.49	28.71	0.049400	0.000245
24.51	2499.44	31.20	0.058600	0.000290
26.40	2691.55	33.59	0.068100	0.000337
28.46	2901.61	36.22	0.077400	0.000383
30.49	3109.53	38.81	0.086300	0.000427
32.48	3312.36	41.34	0.094700	0.000469
34.47	3515.38	43.88	0.102800	0.000509
36.44	3715.66	46.38	0.110700	0.000548
38.44	3920.21	48.93	0.119000	0.000589
40.55	4135.37	51.62	0.126700	0.000627
42.54	4337.48	54.14	0.134300	0.000665
44.40	4527.45	56.51	0.142200	0.000704
46.15	4705.60	58.73	0.151900	0.000752
48.59	4955.02	61.85	0.161600	0.000800
50.31	5129.91	64.03	0.170300	0.000843
52.18	5320.80	66.41	0.183900	0.000910
54.30	5536.98	69.11	0.197300	0.000977
56.49	5759.89	71.89	0.209800	0.001039
58.21	5935.69	74.09	0.221800	0.001098
60.56	6175.02	77.07	0.240200	0.001189
63.09	6433.01	80.29	0.251300	0.001244
65.11	6639.50	82.87	0.260000	0.001287
67.06	6838.45	85.35	0.268400	0.001329
69.00	7035.66	87.82	0.277200	0.001372
70.92	7232.16	90.27	0.286300	0.001417
72.71	7413.98	92.54	0.296600	0.001468
69.57	7094.19	88.55	0.323200	0.001600
20.52	2092.26	26.11	0.496000	0.002455
2.17	221.69	2.77	0.698200	0.003456

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	32.7195	KN
S2=	41.58246344	kgf/cm²
S1=	20.63240637	kgf/cm²
E2=	0.000473575	
E1=	0.00005	

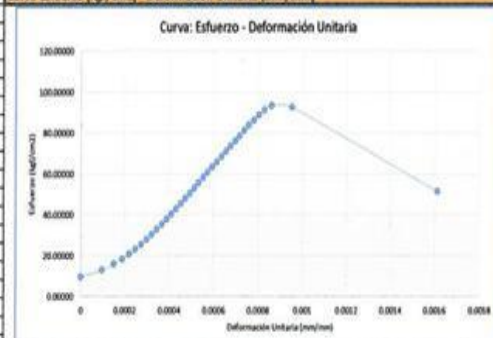
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
32.48	0.09470	0.00047
32.72		X
34.47	0.10280	0.00051

Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
7.41	755.92	9.44	0.000000	0.000000
10.16	1035.83	12.93	0.019500	0.000097
12.34	1257.82	15.70	0.030300	0.000150
14.26	1454.53	18.15	0.038100	0.000189
16.14	1645.73	20.54	0.044400	0.000220
18.00	1835.09	22.90	0.050000	0.000248
19.87	2025.98	25.29	0.055100	0.000274
21.77	2219.93	27.71	0.060200	0.000298
23.68	2414.70	30.14	0.065000	0.000322
25.65	2615.48	32.65	0.069600	0.000345
27.62	2816.77	35.16	0.074100	0.000367
29.59	3017.45	37.66	0.078500	0.000389
31.59	3220.79	40.20	0.082700	0.000409
33.59	3425.55	42.76	0.087000	0.000431
35.57	3626.74	45.27	0.091200	0.000451
37.57	3830.78	47.81	0.095400	0.000472
39.56	4033.50	50.34	0.099500	0.000493
41.57	4238.57	52.90	0.103600	0.000513
43.57	4443.23	55.46	0.107600	0.000533
45.57	4648.86	58.00	0.111700	0.000553
47.57	4850.30	60.54	0.115700	0.000573
49.59	5057.20	63.12	0.119800	0.000593
51.58	5259.51	65.65	0.124000	0.000614
53.63	5469.17	68.26	0.128200	0.000635
55.65	5675.05	70.83	0.132200	0.000654
57.66	5879.20	73.38	0.136300	0.000675
59.68	6085.99	75.96	0.140400	0.000695
61.70	6291.37	78.53	0.144600	0.000716
63.71	6496.84	81.09	0.148700	0.000736
65.71	6700.48	83.63	0.152900	0.000757
67.67	6900.65	86.13	0.157400	0.000779
69.63	7100.21	88.62	0.162000	0.000802
71.54	7294.67	91.05	0.167100	0.000827
73.21	7465.27	93.18	0.173400	0.000858
72.64	7407.65	92.46	0.191900	0.000950
40.31	4110.08	51.30	0.325600	0.001612

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	32.9445	KN
S2=	41.90986466	kgf/cm²
S1=	11.27902268	kgf/cm²
E2=	0.000473818	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
31.59	0.08270	0.00041
32.94		X
33.59	0.08700	0.00043

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, 06-10%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 29/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Camacho Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

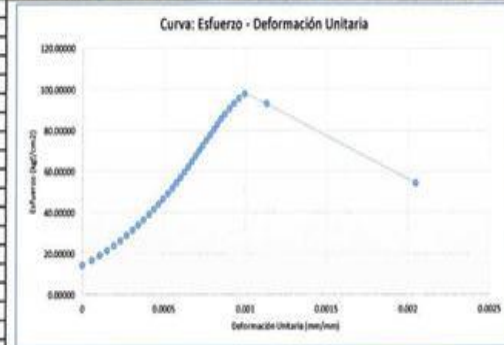
Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
11.24	1146.47	14.31	0.000000	0.000000
13.15	1341.03	16.74	0.011900	0.00059
14.99	1528.05	19.07	0.021800	0.00108
16.82	1714.86	21.40	0.030700	0.00152
18.69	1906.26	23.79	0.039000	0.00193
20.63	2103.17	26.25	0.047000	0.00233
22.59	2303.24	28.75	0.054700	0.00271
24.56	2504.43	31.26	0.062100	0.00307
26.56	2708.17	33.80	0.069100	0.00342
28.55	2911.71	36.34	0.075800	0.00375
30.57	3117.49	38.91	0.082300	0.00407
32.62	3325.92	41.51	0.088400	0.00438
34.63	3531.39	44.08	0.094200	0.00466
36.53	3725.14	46.50	0.099900	0.00495
38.69	3944.99	49.24	0.105800	0.00524
40.74	4154.03	51.85	0.111300	0.00551
42.80	4364.50	54.48	0.116400	0.00576
44.84	4572.22	57.07	0.121200	0.00600
46.87	4779.84	59.66	0.125900	0.00623
48.90	4986.84	62.24	0.130600	0.00647
50.93	5193.74	64.83	0.135100	0.00669
52.95	5399.62	67.40	0.139600	0.00691
54.98	5606.73	69.98	0.144100	0.00713
57.01	5813.32	72.56	0.148400	0.00735
59.01	6017.27	75.10	0.153000	0.00757
61.06	6226.00	77.71	0.157600	0.00780
63.12	6436.57	80.34	0.162200	0.00803
65.17	6645.11	82.94	0.166600	0.00825
67.18	6850.58	85.51	0.171100	0.00847
69.04	7040.45	87.88	0.176100	0.00872
71.16	7256.23	90.57	0.181400	0.00898
73.10	7454.56	93.04	0.187200	0.00927
75.11	7658.91	95.59	0.193300	0.00957
76.85	7836.04	97.81	0.200800	0.00994
73.15	7458.74	93.10	0.228100	0.01129
42.72	4355.73	54.37	0.413000	0.02045

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

40% Carga última=	34.5825	KN				
S2=	43.95010749	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	16.34652327	kgf/cm ²		X		0.00005
E2=	0.000465646		11.243	14.28847129	0	0
E1=	0.00005		13.151	16.71330481	0.0119	5.8911E-05

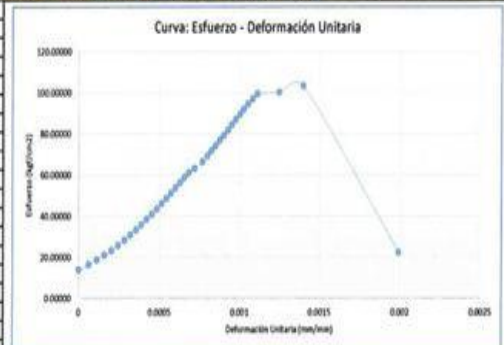
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
32.62	0.08840	0.00438
34.58	X	
34.63	0.09420	0.00466

Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
10.77	1098.54	13.71	0.000000	0.000000
12.78	1303.00	16.26	0.012900	0.00064
14.66	1494.50	18.65	0.023100	0.00114
16.50	1682.44	21.00	0.032400	0.00160
18.36	1872.10	23.37	0.041300	0.00204
20.22	2061.98	25.74	0.049800	0.00247
22.16	2260.11	28.21	0.057700	0.00286
24.15	2462.22	30.73	0.064900	0.00321
26.09	2660.55	33.21	0.071900	0.00356
28.06	2861.44	35.72	0.078600	0.00389
30.06	3064.97	38.26	0.085300	0.00422
32.04	3266.98	40.78	0.091200	0.00454
34.04	3471.23	43.33	0.097900	0.00485
36.06	3677.01	45.89	0.104000	0.00515
38.05	3879.73	48.42	0.109800	0.00544
40.05	4083.57	50.97	0.115600	0.00572
42.07	4290.27	53.55	0.121200	0.00600
44.07	4494.11	56.09	0.126800	0.00628
46.08	4698.56	58.65	0.132300	0.00655
47.85	4879.05	60.90	0.138000	0.00683
49.45	5042.11	62.93	0.145100	0.00718
52.02	5304.48	66.21	0.155100	0.00768
54.25	5532.08	69.05	0.161300	0.00799
56.27	5737.86	71.62	0.166500	0.00824
58.21	5936.10	74.09	0.171800	0.00850
60.22	6140.24	76.64	0.177000	0.00876
62.19	6342.05	79.16	0.182200	0.00902
64.22	6548.95	81.74	0.187200	0.00927
66.26	6756.97	84.34	0.192200	0.00951
68.25	6959.08	86.86	0.197200	0.00976
70.20	7158.13	89.34	0.202200	0.01001
72.20	7362.28	91.89	0.207400	0.01027
74.16	7562.55	94.39	0.212600	0.01052
76.13	7763.43	96.90	0.218200	0.01080
78.04	7957.39	99.32	0.224400	0.01111
78.66	8021.12	100.12	0.252100	0.01248
81.08	8267.79	103.19	0.282300	0.01398
17.44	1778.29	22.20	0.402700	0.02094

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última=	36.486	KN				
S2=	46.3921686	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	15.69395217	kgf/cm ²		X		0.00005
E2=	0.000521019		10.773	13.69793434	0	0
E1=	0.00005		12.778	16.24730391	0.0129	6.3861E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
36.06	0.10400	0.00515
36.49	X	
38.05	0.10980	0.00544

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, 6E-10%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 29/01/2024

Solicita: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

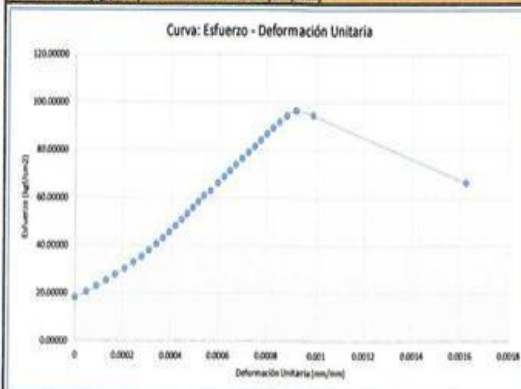
Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 5:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
14.14	1441.99	18.00	0.000000	0.000000
16.04	1635.53	20.41	0.009700	0.000048
17.95	1830.40	22.85	0.018300	0.000091
19.87	2026.59	25.29	0.026300	0.000130
21.82	2224.83	27.77	0.033900	0.000168
23.73	2420.00	30.21	0.041900	0.000207
25.80	2630.88	32.84	0.049300	0.000244
27.80	2834.52	35.38	0.056000	0.000277
29.82	3040.81	37.95	0.062300	0.000308
31.83	3245.67	40.51	0.068400	0.000339
33.85	3451.24	43.08	0.074000	0.000366
35.84	3654.68	45.62	0.079400	0.000393
37.85	3860.05	48.18	0.084600	0.000419
39.88	4066.24	50.75	0.089700	0.000444
41.87	4269.57	53.29	0.094500	0.000468
43.87	4473.61	55.84	0.099200	0.000491
45.87	4677.86	58.39	0.104000	0.000515
47.82	4876.40	60.86	0.108800	0.000539
49.49	5046.29	62.99	0.114400	0.000566
51.97	5299.08	66.14	0.120600	0.000597
54.10	5516.58	68.86	0.125800	0.000623
56.09	5719.92	71.39	0.130600	0.000647
58.03	5916.93	73.85	0.135600	0.000671
60.02	6120.05	76.39	0.140800	0.000697
62.06	6328.59	78.99	0.146200	0.000724
64.09	6534.98	81.57	0.151500	0.000750
66.18	6748.00	84.23	0.156600	0.000775
68.19	6953.06	86.78	0.161600	0.000800
70.14	7152.52	89.27	0.166700	0.000825
72.02	7344.13	91.67	0.172200	0.000852
73.98	7543.48	94.15	0.178300	0.000883
75.73	7722.44	96.39	0.185400	0.000919
74.29	7575.19	94.55	0.199100	0.000986
52.19	5322.22	66.43	0.328100	0.001624

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última:	34.0785	KN
S2=	43.30958542	kgf/cm ²
S1=	20.48306695	kgf/cm ²
E2=	0.000369465	
E1=	0.00005	
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
33.85	0.07400	0.00037
34.08		X
35.84	0.07940	0.00039

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE-10%-07 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 02/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (tn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
18.40	1876.28	23.42	0.000000	0.000000
20.30	2070.03	25.84	0.006700	0.000333
22.24	2267.55	28.30	0.013300	0.000666
24.18	2465.48	30.77	0.019600	0.000997
26.15	2666.16	33.28	0.025700	0.001277
28.12	2867.35	35.79	0.031600	0.001556
30.10	3069.56	38.31	0.037400	0.001835
32.12	3275.54	40.88	0.043400	0.002115
34.12	3479.69	43.43	0.049400	0.002445
36.12	3683.02	45.97	0.055200	0.002773
38.16	3891.35	48.57	0.060900	0.003021
40.21	4100.09	51.18	0.066300	0.003228
42.22	4304.85	53.73	0.071400	0.003533
44.23	4509.71	56.29	0.076500	0.003779
46.24	4715.19	58.85	0.081500	0.004030
48.26	4920.96	61.42	0.086300	0.004277
50.28	5127.56	64.00	0.091000	0.004500
52.31	5333.85	66.57	0.095600	0.004773
54.32	5538.81	69.13	0.100100	0.004996
56.32	5742.55	71.68	0.104600	0.005188
58.34	5928.45	74.00	0.109300	0.005441
60.32	6150.75	76.77	0.114600	0.005667
62.43	6365.60	79.45	0.119000	0.005889
64.44	6570.97	82.02	0.123100	0.006069
66.43	6773.80	84.55	0.127200	0.006300
68.44	6979.37	87.11	0.131200	0.006500
70.48	7186.78	89.70	0.135100	0.006669
72.52	7394.81	92.30	0.138900	0.006888
74.52	7598.65	94.84	0.142600	0.007066
76.52	7803.10	97.39	0.146300	0.007274
78.53	8008.07	99.95	0.149900	0.007472
80.54	8212.82	102.51	0.153500	0.007660
82.55	8417.89	105.07	0.157100	0.007878
84.56	8623.16	107.63	0.160600	0.007995
86.58	8828.23	110.19	0.164200	0.008113
88.59	9033.80	112.76	0.167700	0.008300
90.49	9227.45	115.17	0.171500	0.008449
92.57	9439.96	117.82	0.175500	0.008669
94.59	9645.94	120.40	0.179300	0.008888

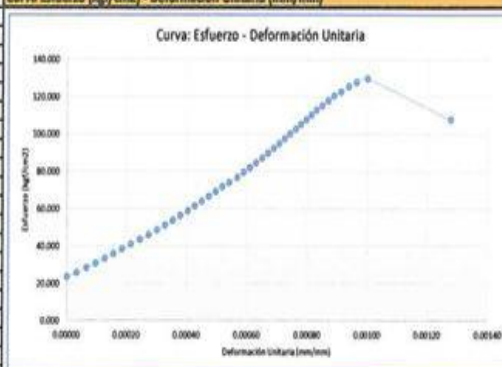
Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (tn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
16.28	1659.59	20.71	0.000000	0.000000
18.19	1854.97	23.15	0.009200	0.000446
20.08	2047.60	25.56	0.017300	0.000886
21.99	2242.06	27.98	0.024800	0.001233
23.91	2438.15	30.43	0.031700	0.001557
25.90	2640.87	32.96	0.038100	0.001889
27.88	2842.67	35.48	0.044100	0.002218
29.86	3044.99	38.01	0.049700	0.002466
31.89	3251.79	40.59	0.055100	0.002773
33.81	3447.16	43.03	0.060600	0.003030
35.95	3655.59	45.75	0.066400	0.003325
37.97	3872.28	48.33	0.070200	0.003448
40.02	4081.02	50.94	0.074400	0.003688
42.06	4288.64	53.53	0.078400	0.003888
44.08	4495.23	56.11	0.082300	0.004077
46.10	4700.60	58.67	0.085900	0.004245
48.16	4911.18	61.30	0.089600	0.004444
50.18	5116.45	63.86	0.093000	0.004660
52.08	5310.80	66.29	0.096500	0.004778
54.20	5527.29	68.99	0.100200	0.004996
56.29	5739.60	71.64	0.103900	0.005154
58.36	5950.68	74.27	0.107700	0.005333
60.41	6160.23	76.89	0.111300	0.005551
62.44	6367.03	79.47	0.114700	0.005668
64.46	6573.52	82.05	0.118200	0.005885
66.51	6781.65	84.65	0.121600	0.006062
68.53	6988.35	87.23	0.124900	0.006218
70.56	7195.25	89.81	0.128500	0.006366
72.61	7404.59	92.42	0.131900	0.006553
74.65	7612.62	95.02	0.135200	0.006669
76.69	7820.64	97.61	0.138600	0.006886
78.72	8027.34	100.19	0.141900	0.007002
80.78	8237.20	102.81	0.145200	0.007119
82.81	8444.40	105.40	0.148700	0.007366
84.85	8652.02	107.99	0.152100	0.007533
86.85	8856.27	110.54	0.155700	0.007771
88.89	9064.50	113.14	0.159400	0.007889
90.92	9271.50	115.72	0.163200	0.008088
92.93	9476.16	118.28	0.167200	0.008288
94.92	9678.98	120.81	0.171600	0.008500

Carga (tn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
96.36	9826.12	122.64	0.183900	0.008910
98.62	10056.58	125.52	0.189200	0.009337
100.45	10243.29	127.85	0.194300	0.009662
101.84	10385.24	129.62	0.201800	0.009999
84.51	8618.06	107.57	0.257900	0.001277

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



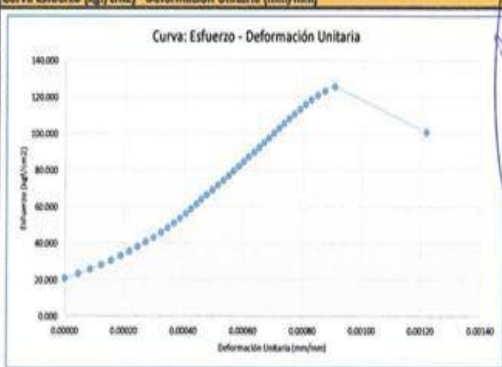
Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	45.828	KN
S2=	58.34175597	kgf/cm ²
S1=	27.02415838	kgf/cm ²
E2=	0.000798404	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
44.23	0.07650	0.00038
45.83	X	X
46.24	0.08150	0.00040

Carga (tn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
96.86	9876.60	123.27	0.176700	0.008875
98.60	10054.64	125.50	0.183200	0.009097
79.02	8057.42	100.57	0.246100	0.001218

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	44.3709	KN
S2=	56.4178664	kgf/cm ²
S1=	23.36829044	kgf/cm ²
E2=	0.000409973	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
44.08	0.08230	0.00041
44.37	X	X
46.10	0.08590	0.00043

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE-10%-07 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 02/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
10.10	1029.41	12.85	0.000000	0.000000
11.89	1212.14	15.13	0.011500	0.000057
13.98	1425.26	17.79	0.021300	0.000105
15.93	1624.52	20.28	0.028500	0.000141
17.77	1811.94	22.62	0.034500	0.000171
19.63	2002.02	24.99	0.040200	0.000199
21.55	2197.09	27.42	0.045800	0.000227
23.47	2393.69	29.88	0.051200	0.000253
25.42	2591.72	32.35	0.056600	0.000280
27.39	2793.42	34.87	0.061800	0.000306
29.41	2998.79	37.43	0.066800	0.000331
31.40	3202.02	39.97	0.071500	0.000354
33.40	3406.17	42.51	0.076000	0.000376
35.40	3609.71	45.05	0.080500	0.000399
37.39	3812.43	47.58	0.084800	0.000420
39.39	4016.27	50.13	0.089100	0.000441
41.41	4222.46	52.70	0.093400	0.000462
43.44	4429.87	55.29	0.097600	0.000483
45.44	4633.81	57.84	0.101700	0.000503
47.44	4837.25	60.38	0.105900	0.000524
49.45	5042.72	62.94	0.110100	0.000545
51.48	5249.01	65.52	0.114100	0.000565
53.48	5452.95	68.06	0.118100	0.000585
55.48	5657.30	70.61	0.122300	0.000605
57.50	5863.80	73.19	0.126500	0.000626
59.53	6070.09	75.76	0.130700	0.000647
61.54	6275.56	78.33	0.134600	0.000666
63.52	6477.47	80.85	0.138700	0.000687
65.55	6684.67	83.43	0.143000	0.000708
67.61	6894.33	86.05	0.147200	0.000729
69.66	7103.17	88.66	0.151300	0.000749
71.65	7306.19	91.19	0.155300	0.000769
73.49	7494.02	93.54	0.160200	0.000793
75.70	7718.77	96.34	0.164800	0.000816
77.73	7926.08	98.93	0.168900	0.000836
79.75	8132.67	101.51	0.172900	0.000856
81.76	8336.92	104.06	0.177000	0.000876
83.70	8535.26	106.53	0.181200	0.000897

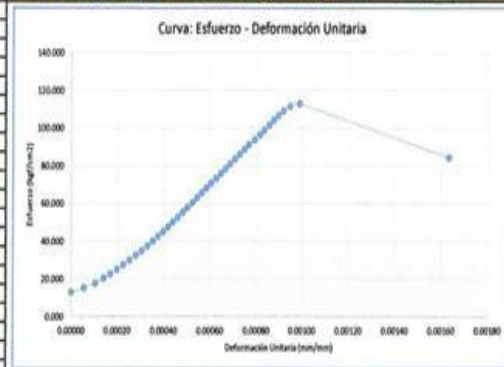
Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
5.41	551.46	6.88	0.000000	0.000000
9.18	935.90	11.68	0.042900	0.000212
11.53	1175.94	14.68	0.054500	0.000270
13.41	1366.93	17.06	0.061300	0.000303
15.16	1545.59	19.29	0.066300	0.000328
16.96	1729.34	21.58	0.070700	0.000350
18.79	1915.85	23.91	0.074600	0.000369
20.68	2109.09	26.32	0.078400	0.000388
22.61	2305.48	28.78	0.081800	0.000405
24.53	2501.58	31.22	0.085100	0.000421
26.47	2698.99	33.69	0.088100	0.000436
28.42	2897.94	36.17	0.090900	0.000450
30.41	3101.17	38.71	0.093700	0.000464
32.43	3306.65	41.27	0.096500	0.000478
34.41	3508.96	43.80	0.099200	0.000491
36.40	3711.78	46.33	0.101900	0.000504
38.40	3915.32	48.87	0.104400	0.000517
40.39	4118.75	51.41	0.106900	0.000529
42.39	4322.49	53.95	0.109300	0.000541
44.39	4526.44	56.50	0.111900	0.000554
46.35	4726.81	59.00	0.114800	0.000568
48.45	4940.44	61.66	0.117700	0.000583
50.47	5146.42	64.24	0.120200	0.000595
52.50	5353.12	66.82	0.122800	0.000608
54.50	5557.27	69.36	0.125200	0.000620
56.51	5762.23	71.92	0.127800	0.000633
58.51	5966.59	74.47	0.130200	0.000645
60.52	6171.35	77.03	0.132900	0.000658
62.53	6376.11	79.58	0.135400	0.000670
64.55	6581.88	82.15	0.138100	0.000684
66.51	6781.75	84.65	0.140900	0.000698
68.55	6990.49	87.25	0.144000	0.000713
70.57	7196.27	89.82	0.146900	0.000727
72.55	7398.07	92.34	0.149700	0.000741
74.55	7601.91	94.88	0.152800	0.000756
76.08	7757.83	96.83	0.156400	0.000784
78.50	8004.80	99.91	0.159900	0.000806

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
85.65	8733.80	109.01	0.185800	0.000920
87.51	8923.57	111.38	0.191100	0.000946
88.61	9036.15	112.78	0.199800	0.000989
66.27	6757.89	84.35	0.130200	0.001635

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



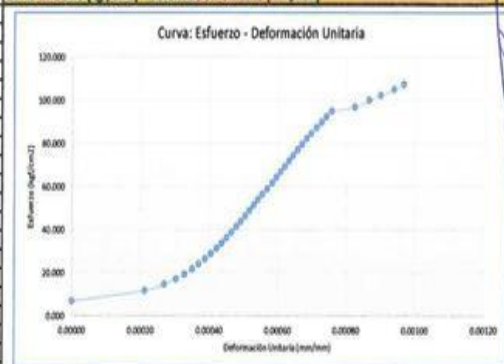
Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	39.8763 KN				
S2=	50.72805282 kgf/cm²	LOAD (kN)	ESF. (kgf/cm²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	14.84434886 kgf/cm²		X		0.00005
E2=	0.000446251		10.095	12.84220685	0
E1=	0.00005		11.887	15.12187349	0.0115

LOAD (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
39.39	0.08910	0.00044
39.88	X	
41.41	0.09340	0.00046

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
80.28	8186.72	102.18	0.181600	0.000899
82.53	8415.34	105.04	0.189300	0.000917
84.39	8605.82	107.41	0.195300	0.000967
85.71	8739.82	109.09	0.204100	0.001010
52.79	5382.80	67.19	0.281000	0.001391

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	38.5086 KN				
S2=	48.99171239 kgf/cm²	LOAD (kN)	ESF. (kgf/cm²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	7.996946657 kgf/cm²		X		0.00005
E2=	0.000517902		5.408	6.869504742	0
E1=	0.00005		9.178	11.65834218	0.0429

LOAD (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
38.40	0.10440	0.00052
38.57	X	
40.39	0.10690	0.00053

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE-10%-07 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 02/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

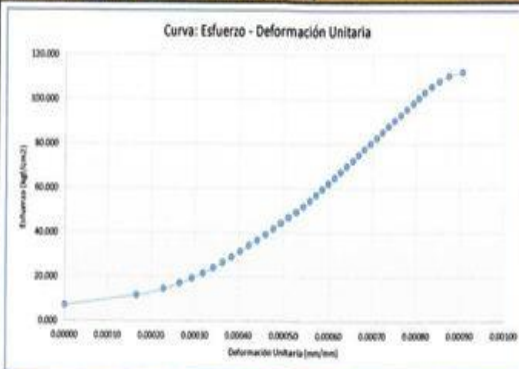
Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba S:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
5.64	574.82	7.17	0.000000	0.000000
9.17	935.29	11.67	0.033400	0.000165
11.47	1169.72	14.60	0.046000	0.000228
13.40	1365.91	17.05	0.053400	0.000264
15.21	1551.20	19.36	0.059100	0.000293
17.05	1738.72	21.70	0.064200	0.000318
18.95	1931.86	24.11	0.068900	0.000341
20.84	2124.59	26.52	0.073200	0.000362
22.78	2322.62	28.99	0.077300	0.000383
24.76	2524.52	31.51	0.081300	0.000402
26.71	2723.67	34.00	0.085200	0.000422
28.67	2923.13	36.49	0.089100	0.000441
30.70	3130.34	39.07	0.092900	0.000460
32.74	3338.67	41.67	0.096500	0.000478
34.74	3542.30	44.21	0.099800	0.000494
36.74	3746.66	46.76	0.103000	0.000510
38.78	3954.58	49.36	0.106100	0.000525
40.79	4159.44	51.92	0.109200	0.000541
42.79	4363.69	54.47	0.112200	0.000555
44.80	4568.14	57.02	0.115100	0.000570
46.83	4775.04	59.60	0.118000	0.000584
48.83	4979.39	62.15	0.120900	0.000599
50.86	5186.09	64.73	0.123800	0.000613
52.88	5392.69	67.31	0.126600	0.000627
54.94	5602.24	69.92	0.129400	0.000641
56.95	5806.80	72.48	0.132300	0.000655
58.98	6014.41	75.07	0.135000	0.000668
61.00	6219.78	77.63	0.137700	0.000682
63.02	6425.87	80.20	0.140500	0.000696
64.96	6623.69	82.67	0.143200	0.000709
67.01	6833.55	85.29	0.145900	0.000722
69.07	7043.41	87.91	0.148700	0.000736
71.10	7250.01	90.49	0.151500	0.000750
73.10	7453.85	93.04	0.154400	0.000764
75.11	7659.52	95.60	0.157300	0.000779
77.13	7864.69	98.16	0.160300	0.000794
79.12	8067.51	100.69	0.162800	0.000806
81.12	8271.66	103.24	0.165400	0.000819
83.12	8476.22	105.80	0.168700	0.000835
85.08	8675.88	108.29	0.172200	0.000852
86.93	8864.12	110.64	0.176500	0.000874
88.39	9013.10	112.50	0.182800	0.000905
57.44	5857.68	73.11	0.261500	0.001295

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	39.7746	KN				
S2=	50.52363227	kgf/cm²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	8.518245666	kgf/cm²	5.637	7.160391685	0	0
E2=	0.000532838			X		0.00005
E1=	0.00005		9.172	11.65072069	0.0334	0.000165347

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
38.78	0.10610	0.00053
39.77	X	
40.79	0.10920	0.00054

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, 6E(10%)=28 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 23/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

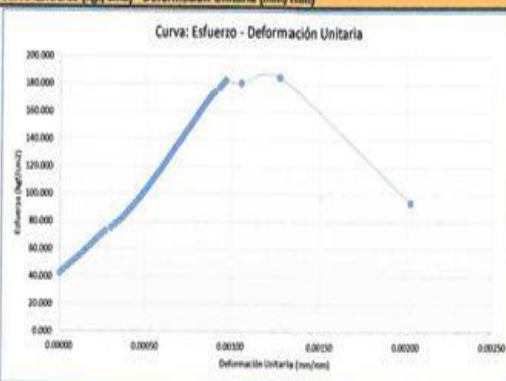
Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
33.31	3396.99	42.40	0.000000	0.000000
35.30	3599.20	44.92	0.004800	0.000024
37.27	3800.80	47.44	0.009600	0.000048
39.28	4005.15	49.99	0.014300	0.000071
41.30	4211.04	52.56	0.019000	0.000094
43.28	4413.55	55.09	0.023600	0.000117
45.27	4616.27	57.62	0.028200	0.000139
47.28	4821.54	60.18	0.032400	0.000160
49.30	5027.53	62.75	0.036800	0.000182
51.29	5230.14	65.28	0.041000	0.000203
53.28	5433.48	67.82	0.045200	0.000224
55.27	5636.09	70.35	0.049500	0.000245
57.22	5834.74	72.83	0.054000	0.000267
59.13	6029.20	75.25	0.060600	0.000300
61.31	6251.70	78.03	0.066100	0.000327
63.33	6457.78	80.60	0.070600	0.000350
65.33	6661.93	83.15	0.074800	0.000370
67.35	6867.41	85.72	0.078400	0.000388
69.30	7066.97	88.21	0.082000	0.000406
71.32	7272.34	90.77	0.085500	0.000423
73.30	7474.45	93.29	0.088800	0.000440
75.30	7678.70	95.84	0.092200	0.000456
77.29	7881.82	98.38	0.095500	0.000473
79.31	8087.50	100.94	0.098600	0.000488
81.30	8290.32	103.48	0.101800	0.000504
83.31	8495.29	106.03	0.104900	0.000519
85.31	8699.54	108.58	0.107900	0.000534
87.31	8903.07	111.12	0.110900	0.000549
89.25	9100.70	113.59	0.113800	0.000563
91.31	9310.66	116.21	0.116900	0.000579
93.30	9513.89	118.75	0.119700	0.000593
95.32	9730.28	121.32	0.122500	0.000606
97.35	9927.38	123.91	0.125300	0.000620
99.41	10137.44	126.53	0.128200	0.000635
101.40	10339.76	129.06	0.131000	0.000649
103.37	10540.64	131.56	0.133700	0.000662
105.35	10742.65	134.08	0.136400	0.000675
107.28	10939.56	136.54	0.139300	0.000690
109.25	11140.14	139.05	0.142200	0.000704
111.32	11351.22	141.68	0.145100	0.000718
113.33	11556.59	144.24	0.147800	0.000732
115.22	11749.32	146.65	0.150600	0.000746
117.27	11958.26	149.26	0.153700	0.000761
119.28	12162.81	151.81	0.156500	0.000775
121.29	12367.98	154.37	0.159200	0.000788
123.29	12572.43	156.92	0.162000	0.000802

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
125.29	12775.77	159.46	0.164700	0.000815
127.29	12979.81	162.01	0.167400	0.000829
129.29	13183.55	164.55	0.170200	0.000843
131.29	13387.90	167.10	0.173100	0.000857
133.24	13586.85	169.58	0.175900	0.000871
135.24	13791.00	172.13	0.178700	0.000885
136.72	13941.10	174.01	0.182300	0.000902
139.47	14221.52	177.51	0.188100	0.000931
141.30	14408.85	179.84	0.191500	0.000948
143.29	14611.06	182.37	0.194800	0.000964
141.64	14442.80	180.27	0.213100	0.001055
145.01	14787.16	184.57	0.257500	0.001275
73.85	7530.12	93.99	0.409700	0.002028

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	65.2545 KN	
S2+	82.93045005 kgf/cm²	LOAD (KN)
S1+	47.63954315 kgf/cm²	ESP. (kgf/cm²)
E2+	0.000369503	DEF. (mm)
E1+	0.00005	DEF. UNIT.

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
63.33	0.07060	0.00035
65.25		X
65.33	0.07480	0.00037

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE(10%-)28 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 23/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

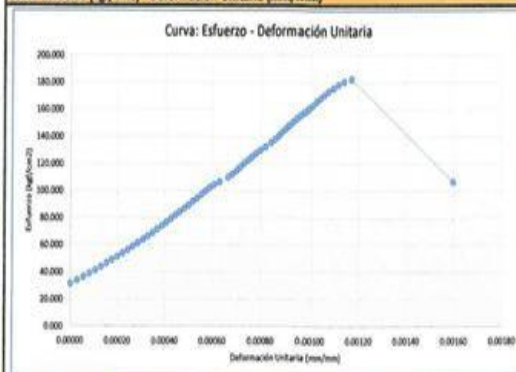
Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (tn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
24.28	2475.98	30.90	0.000000	0.000000
26.25	2676.66	33.41	0.005800	0.000029
28.21	2876.63	35.90	0.011200	0.000055
30.17	3076.60	38.40	0.016400	0.000081
32.16	3278.91	40.93	0.021400	0.000106
34.12	3479.08	43.42	0.026200	0.000130
36.09	3679.76	45.93	0.030900	0.000153
38.09	3884.01	48.48	0.035600	0.000176
40.04	4082.55	50.96	0.040300	0.000200
42.07	4290.37	53.55	0.044900	0.000222
44.06	4492.89	56.08	0.049400	0.000245
46.09	4699.58	58.66	0.053700	0.000266
48.07	4901.49	61.18	0.057900	0.000287
50.06	5104.31	63.71	0.062200	0.000308
52.04	5306.72	66.24	0.066200	0.000328
54.03	5509.45	68.77	0.070300	0.000348
56.01	5711.66	71.29	0.074400	0.000368
58.05	5919.47	73.88	0.078400	0.000388
60.05	6123.42	76.43	0.082200	0.000407
62.07	6329.10	79.00	0.086000	0.000426
64.05	6531.20	81.52	0.089700	0.000444
66.05	6735.45	84.07	0.093500	0.000463
68.05	6939.30	86.61	0.097200	0.000481
70.04	7142.02	89.14	0.100900	0.000500
72.04	7346.47	91.70	0.104500	0.000517
74.05	7551.03	94.25	0.108100	0.000535
76.06	7755.89	96.81	0.111600	0.000552
78.07	7960.65	99.36	0.115100	0.000570
80.03	8160.41	101.85	0.118500	0.000587
81.90	8351.20	104.24	0.122400	0.000606
83.39	8503.85	106.14	0.127000	0.000629
86.19	8789.07	109.70	0.134200	0.000664
88.10	8983.63	112.13	0.137800	0.000682
90.14	9191.65	114.73	0.141200	0.000699
92.14	9395.70	117.27	0.144500	0.000715
94.20	9605.66	119.89	0.147700	0.000731
96.22	9811.24	122.46	0.151000	0.000748
98.12	10004.98	124.88	0.154100	0.000763
100.01	10197.71	127.28	0.157500	0.000780
101.83	10384.22	129.61	0.161100	0.000798
103.76	10580.41	132.06	0.165600	0.000820
106.13	10822.08	135.08	0.170000	0.000842
108.19	11032.25	137.70	0.173400	0.000858
110.20	11236.91	140.25	0.176500	0.000874
112.18	11439.42	142.78	0.179600	0.000889
114.16	11641.12	145.30	0.182500	0.000903
116.13	11842.71	147.81	0.185400	0.000918
118.12	12044.73	150.34	0.188400	0.000933
120.10	12247.25	152.86	0.191400	0.000948
122.09	12450.07	155.40	0.194300	0.000962

Carga (tn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
124.07	12651.67	157.91	0.197300	0.000977
126.01	12849.59	160.38	0.200300	0.000992
128.02	13053.95	162.93	0.203500	0.001007
130.02	13258.60	165.49	0.206700	0.001023
132.00	13460.41	168.01	0.209900	0.001039
133.95	13659.05	170.49	0.213400	0.001056
135.89	13857.28	172.96	0.217100	0.001075
137.86	14058.17	175.47	0.221100	0.001095
139.83	14259.15	177.98	0.225400	0.001116
141.72	14451.17	180.37	0.230200	0.001140
143.19	14601.78	182.25	0.236600	0.001171
83.54	8518.74	106.33	0.322800	0.001598

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	64.4373	KN
S2=	81.97297036	kgf/cm²
S1=	35.24837151	kgf/cm²
E2=	0.000447706	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
64.05	0.08970	0.00044
64.44		X
66.05	0.09350	0.00046

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE(10%)=28 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 23/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

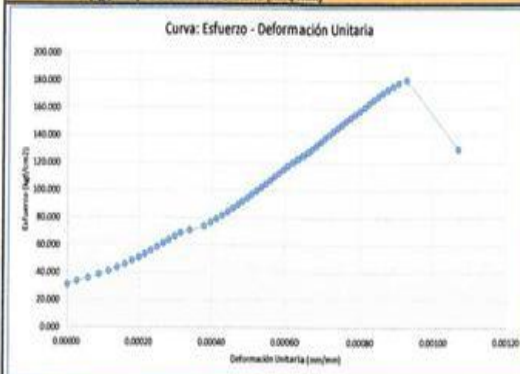
Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
24.35	2483.02	30.99	0.000000	0.000000
26.30	2681.86	33.47	0.005700	0.000028
28.24	2879.49	35.94	0.012000	0.000059
30.21	3080.68	38.45	0.018000	0.000089
32.18	3280.95	40.95	0.023500	0.000116
34.16	3483.47	43.48	0.028300	0.000140
36.18	3689.14	46.05	0.032600	0.000161
38.15	3890.23	48.56	0.036500	0.000181
40.16	4094.79	51.11	0.040200	0.000199
42.13	4296.18	53.62	0.043600	0.000216
44.14	4500.53	56.17	0.046900	0.000232
46.16	4706.82	58.75	0.050300	0.000249
48.13	4908.22	61.26	0.053700	0.000266
50.12	5110.63	63.79	0.056900	0.000282
52.14	5316.41	66.36	0.060200	0.000298
54.16	5523.11	68.94	0.063400	0.000314
55.59	5668.93	70.76	0.066600	0.000340
58.14	5929.06	74.00	0.076400	0.000378
60.22	6140.75	76.65	0.080000	0.000396
62.23	6346.02	79.21	0.083200	0.000412
64.21	6547.21	81.72	0.086300	0.000427
66.19	6749.93	84.25	0.089400	0.000443
68.22	6956.12	86.82	0.092300	0.000457
70.22	7160.37	89.37	0.095000	0.000470
72.20	7362.68	91.90	0.097600	0.000483
74.19	7564.79	94.42	0.100300	0.000497
76.18	7767.72	96.95	0.102800	0.000509
78.17	7971.25	99.49	0.105500	0.000522
80.18	8175.91	102.05	0.108200	0.000536
82.18	8379.55	104.59	0.110500	0.000547
84.17	8582.88	107.13	0.113100	0.000560
86.18	8787.64	109.68	0.115500	0.000572
88.18	8991.48	112.23	0.117900	0.000584
90.22	9199.71	114.83	0.120400	0.000596
92.24	9406.10	117.40	0.122700	0.000607
94.27	9612.59	119.98	0.125300	0.000620
96.32	9821.54	122.59	0.127700	0.000632
98.30	10023.54	125.11	0.130100	0.000644
100.28	10226.16	127.64	0.132500	0.000656
102.28	10429.59	130.18	0.134700	0.000667
104.27	10632.11	132.70	0.137100	0.000679
106.23	10832.49	135.21	0.139600	0.000691
108.27	11040.10	137.80	0.142000	0.000703
110.26	11243.13	140.33	0.144400	0.000715
112.27	11448.50	142.89	0.146600	0.000726

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
114.23	11648.47	145.39	0.149100	0.000738
116.24	11853.12	147.94	0.151500	0.000750
118.24	12056.66	150.49	0.153900	0.000762
120.24	12261.42	153.04	0.156400	0.000774
122.04	12444.46	155.33	0.158900	0.000787
124.25	12670.02	158.14	0.161700	0.000800
126.25	12874.27	160.69	0.164200	0.000813
128.27	13079.54	163.25	0.166600	0.000825
130.27	13283.79	165.80	0.169100	0.000837
132.27	13488.04	168.35	0.171600	0.000850
134.26	13690.66	170.88	0.174200	0.000862
136.23	13891.24	173.38	0.176900	0.000876
138.15	14087.33	175.83	0.179800	0.000890
140.05	14280.77	178.25	0.183000	0.000906
141.78	14457.90	180.46	0.187300	0.000927
102.12	10413.18	129.97	0.215800	0.001068

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	63.80235	kN
S2=	80.96474584	kgf/cm²
S1=	35.2846888	kgf/cm²
E2=	0.000424088	
E1=	0.00005	

LOAD (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
62.23	0.08120	0.00041
63.80		X
64.21	0.08630	0.00043

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE(10%)-28 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 23/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

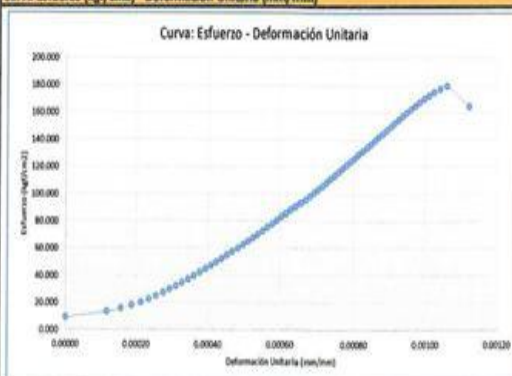
Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
7.17	731.45	9.13	0.000000	0.000000
10.47	1067.34	13.32	0.021700	0.000117
12.36	1260.68	15.74	0.031700	0.000157
14.12	1439.44	17.97	0.037800	0.000187
15.88	1618.81	20.21	0.042900	0.000212
17.67	1801.95	22.49	0.047400	0.000235
19.54	1992.12	24.86	0.051500	0.000255
21.44	2186.08	27.29	0.055400	0.000274
23.37	2382.58	29.74	0.059100	0.000293
25.30	2580.10	32.20	0.062700	0.000310
27.24	2777.31	34.67	0.066200	0.000328
29.22	2979.52	37.19	0.069500	0.000344
31.21	3182.34	39.72	0.072700	0.000360
33.17	3382.82	42.22	0.076100	0.000377
35.17	3586.56	44.77	0.079200	0.000392
37.19	3792.75	47.34	0.082300	0.000407
39.18	3994.75	49.86	0.085200	0.000422
41.16	4197.37	52.39	0.088100	0.000436
43.17	4402.44	54.95	0.091000	0.000450
45.11	4599.45	57.41	0.094100	0.000466
47.14	4807.06	60.00	0.097400	0.000482
49.16	5013.35	62.57	0.100400	0.000497
51.15	5216.07	65.10	0.103200	0.000511
53.19	5423.38	67.69	0.106000	0.000525
55.19	5627.43	70.24	0.108700	0.000538
57.18	5830.76	72.78	0.111400	0.000551
59.17	6034.09	75.31	0.114100	0.000565
61.17	6237.63	77.86	0.116900	0.000579
63.17	6441.88	80.40	0.119500	0.000592
65.19	6647.86	82.98	0.122100	0.000604
67.22	6854.56	85.56	0.124600	0.000617
69.21	7057.69	88.09	0.127100	0.000629
71.21	7261.02	90.63	0.129500	0.000641
73.21	7464.86	93.17	0.131900	0.000653
75.20	7668.60	95.72	0.134400	0.000665
77.20	7872.65	98.26	0.136800	0.000677
79.20	8076.39	100.81	0.139200	0.000689
81.21	8281.04	103.36	0.141500	0.000700
83.21	8484.78	105.90	0.143900	0.000712
85.22	8689.54	108.46	0.146300	0.000724
87.22	8894.10	111.01	0.148500	0.000735
89.23	9098.55	113.56	0.150900	0.000747
91.23	9303.31	116.12	0.153000	0.000757
93.26	9509.81	118.70	0.155300	0.000769
95.37	9724.76	121.38	0.157500	0.000780
97.35	9926.97	123.90	0.159800	0.000791
99.35	10130.41	126.44	0.162100	0.000802
101.35	10335.07	129.00	0.164200	0.000813
103.19	10521.98	131.33	0.166600	0.000825

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
105.27	10734.18	133.98	0.169100	0.000837
107.34	10945.57	136.62	0.171300	0.000848
109.34	11149.21	139.16	0.173400	0.000858
111.34	11353.77	141.71	0.175500	0.000869
113.24	11546.80	144.12	0.177800	0.000880
115.32	11758.90	146.77	0.180200	0.000892
117.33	11964.27	149.33	0.182500	0.000903
119.34	12168.83	151.89	0.184600	0.000914
121.34	12373.08	154.43	0.186900	0.000925
123.34	12577.63	156.99	0.189100	0.000936
125.35	12781.99	159.54	0.191400	0.000948
127.35	12985.93	162.08	0.193800	0.000959
129.32	13186.82	164.59	0.196200	0.000971
131.31	13390.05	167.13	0.198700	0.000984
133.32	13595.01	169.69	0.201300	0.000997
135.27	13794.16	172.17	0.204100	0.001010
137.24	13994.43	174.67	0.207100	0.001025
139.18	14192.77	177.15	0.210400	0.001042
140.99	14376.73	179.44	0.214400	0.001061
129.09	13163.97	164.31	0.226900	0.001123

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	63.4455	EN
S2*	81.47563058	kgf/cm ²
S1*	11.01414473	kgf/cm ²
E2*	0.000593321	
E1*	0.00005	

LOAD (N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
63.17	0.11950	0.00059
63.45		X
65.19	0.12210	0.00060

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 02 AL 10%, GE(10%)=28 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 23/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 26/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

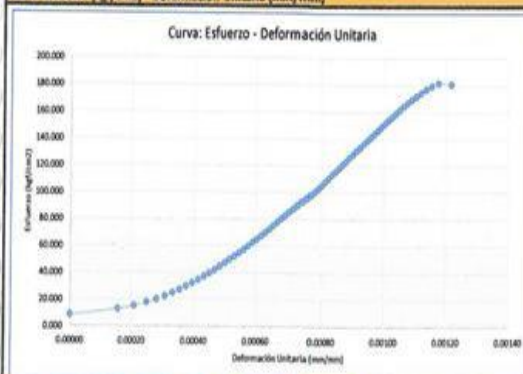
Molde de prueba S:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
6.61	674.44	8.42	0.000000	0.000000
10.04	1024.00	12.78	0.031500	0.000156
12.10	1234.27	15.41	0.042100	0.000208
13.99	1426.08	17.80	0.050100	0.000248
15.83	1614.32	20.15	0.056500	0.000280
17.69	1803.88	22.52	0.062000	0.000307
19.57	1995.80	24.91	0.067000	0.000332
21.48	2190.56	27.34	0.071500	0.000354
23.40	2385.94	29.78	0.075800	0.000375
25.33	2582.54	32.23	0.079800	0.000395
27.27	2781.18	34.71	0.083700	0.000414
29.21	2978.81	37.18	0.087400	0.000433
31.20	3181.12	39.71	0.090900	0.000450
33.16	3380.88	42.20	0.094400	0.000467
35.12	3581.46	44.70	0.097700	0.000484
37.13	3786.32	47.26	0.101000	0.000500
39.11	3988.02	49.78	0.104100	0.000515
41.08	4189.32	52.29	0.107200	0.000531
43.06	4391.02	54.81	0.110300	0.000546
45.05	4593.63	57.34	0.113200	0.000560
47.08	4800.74	59.92	0.116200	0.000575
49.06	5003.15	62.45	0.119100	0.000590
51.06	5206.69	64.99	0.121800	0.000603
53.06	5410.53	67.53	0.124600	0.000617
55.06	5614.88	70.08	0.127300	0.000630
57.06	5818.01	72.62	0.129900	0.000643
59.04	6020.73	75.15	0.132500	0.000656
61.03	6223.45	77.68	0.135100	0.000669
63.03	6426.79	80.22	0.137600	0.000681
65.02	6629.91	82.75	0.140200	0.000694
67.01	6833.55	85.29	0.142700	0.000706
69.01	7036.99	87.83	0.145200	0.000719
71.02	7242.26	90.39	0.147500	0.000730
73.01	7444.57	92.92	0.150000	0.000743
75.02	7649.63	95.48	0.152400	0.000754
77.03	7855.11	98.04	0.154800	0.000766
79.05	8060.58	100.61	0.157200	0.000778
81.05	8264.52	103.15	0.159500	0.000790
83.03	8466.53	105.68	0.161700	0.000800
85.03	8670.48	108.22	0.164000	0.000812
87.03	8874.73	110.77	0.166300	0.000823
89.02	9077.75	113.30	0.168500	0.000834
91.02	9281.90	115.85	0.170800	0.000846
93.03	9486.05	118.40	0.173100	0.000857
95.03	9689.99	120.95	0.175300	0.000868
97.03	9894.75	123.50	0.177600	0.000879
99.10	10105.63	126.13	0.179800	0.000890
101.11	10309.98	128.68	0.182200	0.000902

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
103.09	10512.50	131.21	0.184500	0.000913
105.08	10715.32	133.74	0.186800	0.000925
107.07	10918.14	136.27	0.189100	0.000936
109.06	11121.07	138.81	0.191500	0.000948
111.06	11325.11	141.35	0.193800	0.000959
113.06	11529.06	143.90	0.196000	0.000970
115.06	11732.80	146.44	0.198400	0.000982
117.05	11936.23	148.98	0.200500	0.000993
119.05	12139.36	151.52	0.202900	0.001004
121.02	12340.86	154.03	0.205200	0.001016
123.00	12542.05	156.54	0.207500	0.001027
125.00	12746.91	159.10	0.209900	0.001039
127.01	12951.77	161.66	0.212400	0.001051
129.01	13155.10	164.20	0.215000	0.001064
130.97	13355.48	166.70	0.217600	0.001077
132.98	13560.03	169.25	0.220400	0.001091
134.95	13761.53	171.76	0.223300	0.001105
136.94	13964.35	174.30	0.226400	0.001121
138.89	14163.10	176.78	0.229700	0.001137
140.81	14358.58	179.22	0.233300	0.001155
142.67	14548.04	181.58	0.237600	0.001176
141.89	14469.11	180.60	0.246100	0.001218

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

65% Carga última	64.20015	KN
S2=	81.55015438	kgf/cm²
S1=	9.797601298	kgf/cm²
E2=	0.000688781	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
63.03	0.13760	0.00068
64.20		X
65.02	0.14020	0.00069

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 01 AL 05%, GE-05%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 26/01/2024

Solicita: Bach. César A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 23/01/2024

Asesor: Mq. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

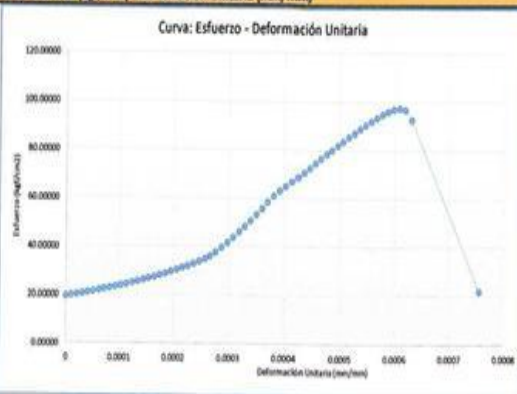
Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
15.10	1540.08	19.22	0.000000	0.000000
15.40	1570.57	19.60	0.002000	0.000010
15.75	1606.06	20.05	0.004100	0.000020
16.07	1638.38	20.45	0.006200	0.000031
16.42	1674.79	20.90	0.008300	0.000041
16.77	1709.66	21.34	0.010300	0.000051
17.14	1747.90	21.82	0.012500	0.000062
17.51	1785.02	22.28	0.014500	0.000072
17.89	1823.87	22.76	0.016600	0.000082
18.28	1863.95	23.26	0.018700	0.000093
18.69	1905.35	23.78	0.020800	0.000103
19.10	1947.87	24.31	0.022800	0.000113
19.54	1992.23	24.87	0.025000	0.000124
19.99	2037.91	25.44	0.027000	0.000134
20.44	2084.21	26.01	0.029100	0.000144
20.94	2134.89	26.65	0.031100	0.000154
21.43	2185.16	27.27	0.033300	0.000165
22.01	2244.30	28.01	0.035200	0.000174
22.57	2301.20	28.72	0.037400	0.000185
23.19	2364.32	29.51	0.039500	0.000196
23.77	2424.28	30.26	0.041600	0.000206
24.45	2493.22	31.12	0.043700	0.000216
25.09	2558.27	31.93	0.045700	0.000226
25.84	2634.85	32.89	0.047800	0.000237
26.55	2707.25	33.79	0.049900	0.000247
27.38	2791.69	34.84	0.052000	0.000257
28.21	2876.94	35.91	0.053800	0.000266
29.58	3016.13	37.65	0.055800	0.000276
31.03	3163.78	39.49	0.057900	0.000287
32.67	3331.22	41.58	0.060100	0.000298
34.32	3499.37	43.68	0.062200	0.000308
36.11	3682.41	45.96	0.064400	0.000319
37.90	3864.64	48.24	0.066400	0.000329
39.77	4055.22	50.62	0.068600	0.000340
41.69	4251.42	53.06	0.070700	0.000350
43.67	4453.32	55.58	0.072800	0.000360
45.71	4661.55	58.18	0.074800	0.000370
47.75	4868.76	60.77	0.077100	0.000382
49.43	5040.68	62.92	0.079300	0.000393
50.89	5189.05	64.77	0.081400	0.000403
52.45	5348.23	66.75	0.083400	0.000413
53.96	5502.21	68.68	0.085500	0.000423
55.53	5662.20	70.67	0.087500	0.000433
56.99	5811.69	72.54	0.089600	0.000444
58.60	5975.56	74.58	0.091700	0.000454
60.03	6121.48	76.41	0.093700	0.000464
61.57	6278.42	78.36	0.095900	0.000475
62.85	6408.43	79.99	0.097900	0.000485
64.32	6558.33	81.86	0.100000	0.000495
65.64	6693.34	83.54	0.102000	0.000505

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
67.14	6845.89	85.45	0.104100	0.000515
68.39	6973.36	87.04	0.106200	0.000526
69.77	7114.69	88.80	0.108300	0.000536
70.98	7237.77	90.34	0.110300	0.000546
72.24	7366.87	91.95	0.112400	0.000556
73.33	7478.01	93.34	0.114500	0.000567
74.44	7591.20	94.75	0.116600	0.000577
75.34	7682.98	95.90	0.118600	0.000587
76.12	7761.60	96.88	0.120800	0.000598
76.39	7789.23	97.22	0.122900	0.000608
75.89	7738.15	96.58	0.125100	0.000619
72.58	7401.23	92.38	0.127400	0.000631
17.17	1750.86	21.85	0.152500	0.000755

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	34.3755	KN				
S2=	43.66543274	kgf/cm²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	21.10257744	kgf/cm²		X		0.00005
E2=	0.000308276		15.103	19.18456548	0	0
E1=	0.00005		15.402	19.56436983	0.002	9.90099E-06

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
34.32	0.06220	0.00031
34.38		X
36.11	0.06440	0.00032

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 01 AL 05%, GE-05%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 26/01/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 23/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

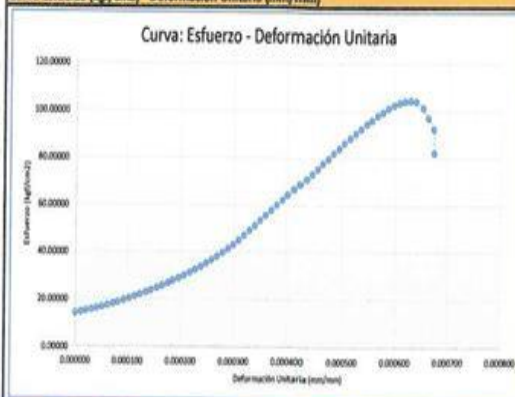
Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
10.95	1116.29	13.93	0.000000	0.000000
11.34	1156.77	14.44	0.002100	0.000010
11.71	1194.40	14.91	0.004100	0.000020
12.18	1241.61	15.50	0.006300	0.000031
12.59	1283.73	16.02	0.008300	0.000041
13.07	1332.67	16.63	0.010400	0.000051
13.52	1378.36	17.20	0.012400	0.000061
14.03	1430.26	17.85	0.014600	0.000072
14.57	1486.04	18.55	0.016400	0.000081
15.29	1558.95	19.46	0.018600	0.000092
15.91	1621.97	20.24	0.020700	0.000102
16.58	1690.29	21.10	0.022900	0.000113
17.24	1757.90	21.94	0.024900	0.000123
17.94	1829.58	22.84	0.027100	0.000134
18.65	1907.19	23.74	0.029100	0.000144
19.40	1978.26	24.69	0.031300	0.000155
20.17	2056.37	25.67	0.033300	0.000165
20.97	2138.05	26.69	0.035500	0.000176
21.81	2224.11	27.76	0.037400	0.000185
22.65	2310.07	28.83	0.039600	0.000196
23.57	2403.38	30.00	0.041600	0.000206
24.48	2496.48	31.16	0.043800	0.000217
25.52	2602.43	32.48	0.045800	0.000227
26.53	2705.62	33.77	0.047900	0.000237
27.68	2827.99	35.24	0.050000	0.000248
28.78	2934.45	36.63	0.052000	0.000257
30.04	3063.44	38.24	0.054100	0.000268
31.23	3184.69	39.75	0.056200	0.000278
32.59	3322.96	41.48	0.058300	0.000289
33.91	3457.56	43.16	0.060300	0.000299
35.46	3615.93	45.13	0.062400	0.000309
36.97	3770.21	47.06	0.064400	0.000319
38.65	3940.91	49.19	0.066600	0.000330
40.24	4103.76	51.22	0.068600	0.000340
41.99	4281.40	53.44	0.070700	0.000350
43.63	4449.04	55.53	0.072800	0.000360
45.37	4626.88	57.75	0.074900	0.000371
47.07	4799.82	59.91	0.077000	0.000381
48.80	4975.72	62.10	0.079200	0.000392
50.48	5147.75	64.25	0.081100	0.000401
52.26	5328.85	66.51	0.083300	0.000412
54.01	5507.71	68.74	0.085300	0.000422
55.77	5686.47	70.98	0.087500	0.000433
57.52	5865.43	73.21	0.089500	0.000443
59.25	6041.54	75.41	0.091700	0.000454
61.04	6224.47	77.69	0.093600	0.000463
62.68	6391.91	79.78	0.095800	0.000474
64.47	6574.44	82.06	0.097800	0.000484
66.15	6744.94	84.19	0.100000	0.000495

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
67.90	6923.39	86.41	0.102000	0.000505
69.41	7077.37	88.34	0.104100	0.000515
71.07	7246.95	90.45	0.106200	0.000526
72.56	7399.19	92.35	0.108300	0.000536
74.14	7560.41	94.37	0.110400	0.000547
75.46	7694.60	96.04	0.112400	0.000556
76.96	7847.36	97.95	0.114600	0.000567
78.13	7966.66	99.44	0.116600	0.000577
79.43	8099.23	101.09	0.118700	0.000588
80.40	8198.55	102.33	0.120800	0.000598
81.28	8287.98	103.45	0.122900	0.000608
81.73	8333.97	104.02	0.125000	0.000619
82.01	8362.21	104.37	0.127200	0.000630
81.61	8321.83	103.87	0.129300	0.000640
79.61	8117.79	101.32	0.131900	0.000653
76.16	7765.68	96.93	0.134000	0.000663
72.61	7403.98	92.41	0.136000	0.000673
64.57	6584.74	82.19	0.136200	0.000674

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga Última	36.9	KN
S2=	46.87217548	kgf/cm²
S1=	36.33080065	kgf/cm²
E2=	0.000318334	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
35.46	0.06240	0.00031
36.90	X	
36.97	0.06440	0.00032

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 01 AL 05%, GE-05%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 26/01/2024

Solicita: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 23/01/2024

Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

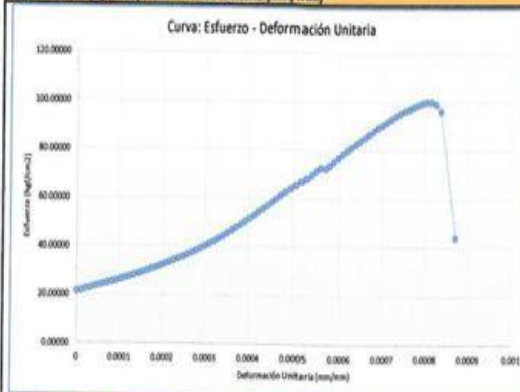
Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
16.64	1697.22	21.18	0.000000	0.000000
17.00	1733.22	21.63	0.000100	0.000010
17.40	1774.52	22.15	0.000400	0.000020
17.78	1812.86	22.63	0.000620	0.000031
18.19	1855.07	23.15	0.000830	0.000041
18.58	1894.33	23.64	0.010400	0.000051
19.00	1937.47	24.18	0.012500	0.000062
19.41	1978.87	24.70	0.014500	0.000072
19.85	2024.04	25.26	0.016700	0.000083
20.27	2066.46	25.79	0.018700	0.000093
20.73	2113.37	26.38	0.020900	0.000103
21.16	2158.14	26.94	0.022900	0.000113
21.62	2204.53	27.52	0.025000	0.000124
22.08	2251.75	28.11	0.027000	0.000134
22.57	2301.30	28.72	0.029200	0.000145
23.05	2350.45	29.34	0.031200	0.000154
23.54	2400.73	29.96	0.033300	0.000165
24.06	2453.14	30.62	0.035400	0.000175
24.58	2505.96	31.28	0.037500	0.000186
25.12	2561.54	31.97	0.039500	0.000196
25.66	2616.40	32.66	0.041600	0.000206
26.25	2676.77	33.41	0.043700	0.000216
26.81	2733.77	34.12	0.045800	0.000227
27.43	2796.89	34.91	0.047900	0.000237
28.02	2857.15	35.66	0.050000	0.000248
28.68	2924.76	36.51	0.052000	0.000257
29.33	2991.14	37.33	0.054100	0.000268
30.05	3064.36	38.25	0.056200	0.000278
30.75	3135.94	39.14	0.058200	0.000288
31.53	3214.97	40.13	0.060300	0.000299
32.30	3293.19	41.10	0.062400	0.000309
33.13	3378.23	42.17	0.064500	0.000319
33.95	3461.85	43.21	0.066500	0.000329
34.86	3554.34	44.36	0.068700	0.000340
35.74	3644.17	45.48	0.070700	0.000350
36.71	3743.70	46.73	0.072900	0.000361
37.65	3838.84	47.91	0.074800	0.000370
38.65	3941.42	49.19	0.077100	0.000382
39.59	4036.56	50.38	0.079000	0.000391
40.54	4133.54	51.59	0.081200	0.000402
41.56	4237.85	52.89	0.083200	0.000412
42.61	4345.33	54.24	0.085300	0.000422
43.70	4455.97	55.62	0.087400	0.000433
44.75	4563.65	56.96	0.089500	0.000443
45.87	4677.56	58.38	0.091600	0.000453
46.95	4787.69	59.76	0.093700	0.000464
48.11	4906.18	61.24	0.095800	0.000474
49.17	5014.27	62.59	0.097800	0.000484
50.82	5131.13	64.04	0.099900	0.000495

Carga (N)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
51.42	5243.71	65.45	0.102000	0.000505
52.59	5362.61	66.93	0.104100	0.000515
53.72	5477.63	68.37	0.106100	0.000525
54.92	5600.30	69.90	0.108200	0.000536
56.09	5719.81	71.39	0.110300	0.000546
57.17	5829.74	72.76	0.112500	0.000557
56.92	5804.35	72.45	0.114900	0.000569
57.86	5900.00	73.64	0.116600	0.000577
59.15	6012.05	75.29	0.118500	0.000587
60.48	6166.76	76.97	0.120700	0.000598
61.64	6285.25	78.45	0.122800	0.000608
62.78	6401.39	79.90	0.125000	0.000619
63.80	6505.81	81.20	0.126900	0.000628
64.89	6616.45	82.58	0.129100	0.000639
65.93	6723.61	83.91	0.131100	0.000649
66.98	6830.29	85.25	0.133000	0.000660
68.02	6936.44	86.58	0.135200	0.000669
69.09	7045.04	87.93	0.137400	0.000680
70.13	7150.89	89.25	0.139400	0.000690
71.10	7250.62	90.50	0.141600	0.000701
72.10	7352.39	91.77	0.143600	0.000711
73.03	7447.42	92.96	0.145700	0.000721
73.94	7539.61	94.11	0.147800	0.000732
74.74	7621.59	95.13	0.149900	0.000742
75.58	7707.35	96.20	0.152000	0.000752
76.17	7767.11	96.95	0.154100	0.000763
76.90	7841.75	97.88	0.156100	0.000773
77.51	7903.85	98.65	0.158200	0.000783
78.11	7964.52	99.41	0.160200	0.000793
78.42	7996.24	99.81	0.162300	0.000803
78.52	8007.15	99.94	0.164500	0.000814
77.81	7934.54	99.04	0.166600	0.000825
75.54	7702.96	96.14	0.168900	0.000836
34.59	3527.62	44.03	0.175800	0.000870

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e Interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	35.334	KN
S2=	44.90517163	kgf/cm²
S1=	23.31012527	kgf/cm²
E2=	0.000345471	
E1=	0.00005	
LOAD (KN)	16.644	
ESP. (kgf/cm²)	21.15247854	
DEF. (mm)	0	
DEF. UNIT.	0	
LOAD (KN)	16.997	
ESP. (kgf/cm²)	21.60109815	
DEF. (mm)	0.0021	
DEF. UNIT.	1.0396E-05	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
34.86	0.006870	0.00034
35.33		X
35.74	0.07070	0.00035

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 03 AL 35%, GE-35%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 01/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 29/01/2024

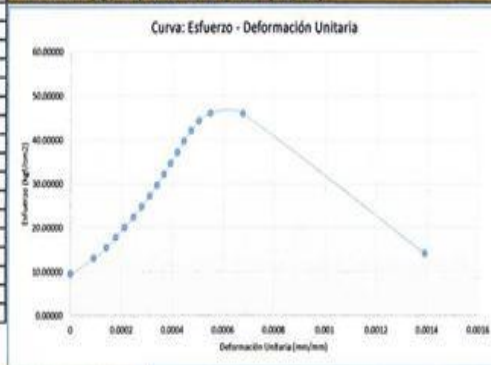
Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 1:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
7.42	756.53	9.44	0.000000	0.000000
10.22	1041.85	13.00	0.018400	0.000091
12.12	1236.21	15.43	0.028200	0.000140
13.95	1422.00	17.75	0.035700	0.000177
15.74	1604.63	20.03	0.042800	0.000212
17.56	1790.12	22.34	0.049600	0.000246
19.43	1981.01	24.73	0.056100	0.000278
21.34	2175.88	27.16	0.062400	0.000309
23.29	2375.23	29.65	0.068300	0.000338
25.24	2574.18	32.13	0.073900	0.000366
27.20	2773.54	34.62	0.079200	0.000392
29.16	2973.30	37.11	0.084500	0.000418
31.13	3173.98	39.62	0.089900	0.000445
33.02	3367.42	42.03	0.095500	0.000473
34.78	3546.48	44.27	0.101800	0.000504
36.15	3686.49	46.01	0.110800	0.000549
36.04	3675.38	45.87	0.116800	0.000677
11.07	1129.24	14.09	0.280900	0.001391

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	16.2675	KN
S2=	20.66377004	kgf/cm ²
S1=	11.37489724	kgf/cm ²
E2=	0.000221717	
E1=	0.00005	

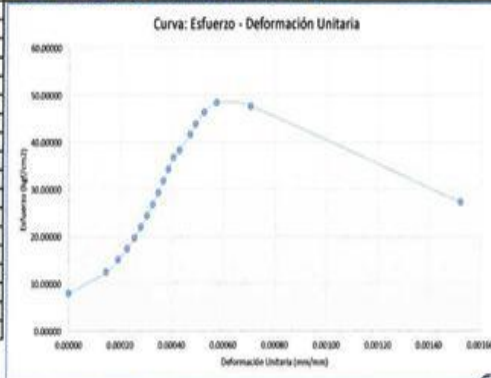
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
15.74	0.04280	0.00021
16.27		X
17.56	0.04960	0.00025

Molde de prueba 2:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
6.27	639.06	7.98	0.000000	0.000000
9.79	998.51	12.46	0.029400	0.000146
11.85	1208.67	15.09	0.038700	0.000192
13.66	1392.43	17.38	0.045700	0.000226
15.46	1576.79	19.68	0.051400	0.000254
17.29	1763.30	22.01	0.056400	0.000279
19.17	1954.80	24.40	0.061200	0.000303
21.08	2149.26	26.83	0.065800	0.000326
23.02	2347.29	29.30	0.070000	0.000347
24.97	2546.65	31.79	0.073900	0.000366
26.95	2747.94	34.30	0.077900	0.000386
28.91	2947.70	36.79	0.081900	0.000405
30.12	3071.19	38.33	0.086500	0.000428
32.73	3337.65	41.66	0.094900	0.000470
34.39	3506.82	43.77	0.099100	0.000491
36.39	3710.66	46.31	0.105800	0.000524
38.00	3875.04	48.37	0.115500	0.000572
37.43	3816.91	47.64	0.142300	0.000704
21.44	2185.97	27.28	0.307400	0.001522

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	17.1	KN
S2=	21.74275292	kgf/cm ²
S1=	9.508283084	kgf/cm ²
E2=	0.00027661	
E1=	0.00005	

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
15.46	0.05140	0.00025
17.10		X
17.29	0.05640	0.00028

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN ASTM C 469

GRUPO EXPERIMENTAL 03 AL 35%, GE-35%-03 DÍAS

Proyecto: "Módulo de Elasticidad del Concreto Hidráulico con el Reemplazo Parcial de Caliza Natural como Cementante"

Fecha de Ensayo: 01/02/2024

Solicitante: Bach. Cesar A. Campos Palacios

Fecha de Elaboración del Molde: 29/01/2024

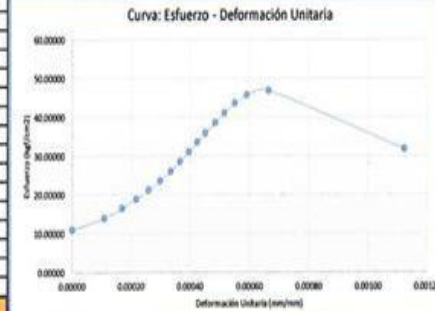
Asesor: Mg. Ing. Leonel M. Aguilar Alcantara

Molde de prueba 3:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
8.60	877.16	10.95	0.000000	0.000000
11.00	1121.90	14.00	0.022100	0.000109
12.94	1319.72	16.47	0.034400	0.000170
14.80	1509.49	18.84	0.043900	0.000217
16.66	1698.75	21.20	0.052400	0.000259
18.57	1893.82	23.64	0.060400	0.000299
20.50	2090.32	26.09	0.067500	0.000334
22.45	2289.27	28.57	0.077900	0.000366
24.43	2490.77	31.09	0.079900	0.000396
26.38	2689.72	33.57	0.085600	0.000424
28.20	2875.41	35.89	0.091200	0.000451
30.28	3087.51	38.54	0.097600	0.000483
32.30	3293.80	41.11	0.104100	0.000515
34.20	3487.54	43.53	0.111000	0.000550
35.87	3658.14	45.66	0.119200	0.000590
36.79	3751.55	46.83	0.134100	0.000664
25.00	2549.50	31.82	0.226600	0.001122

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	16.5555	KN				
S2=	21.0400591	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	12.32602427	kgf/cm ²		X		0.00005
E2=	0.000257059		8.602	10.93208486	0	0
E1=	0.00005		11.002	13.96218991	0.0221	0.000109406

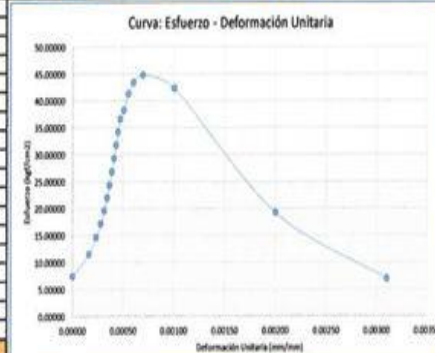
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
14.80	0.04390	0.00022
16.56		X
16.66	0.05240	0.00026

Molde de prueba 4:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
5.80	591.54	7.38	0.000000	0.000000
9.07	924.78	11.54	0.033300	0.000165
11.49	1171.35	14.62	0.047400	0.000235
13.48	1374.58	17.16	0.056400	0.000279
15.38	1567.82	19.57	0.063400	0.000314
17.23	1757.08	21.93	0.069000	0.000342
19.10	1947.97	24.31	0.073900	0.000366
21.03	2144.27	26.76	0.078500	0.000389
22.97	2341.99	29.23	0.082800	0.000410
24.91	2540.12	31.70	0.086900	0.000430
26.87	2739.68	34.20	0.091100	0.000451
28.74	2930.47	36.58	0.095300	0.000472
30.07	3066.20	38.27	0.102700	0.000508
32.43	3307.26	41.38	0.111700	0.000553
34.04	3470.62	43.32	0.121400	0.000601
35.20	3589.52	44.80	0.140000	0.000693
33.22	3387.31	42.28	0.203200	0.001006
15.07	1537.13	19.19	0.404400	0.002002
5.43	553.81	6.91	0.626500	0.003101

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

45% Carga última	15.84	KN				
S2=	20.14065534	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	8.63631707	kgf/cm ²		X		0.00005
E2=	0.000320807		5.801	7.376006414	0	0
E1=	0.00005		9.069	11.53128808	0.0333	0.000164851

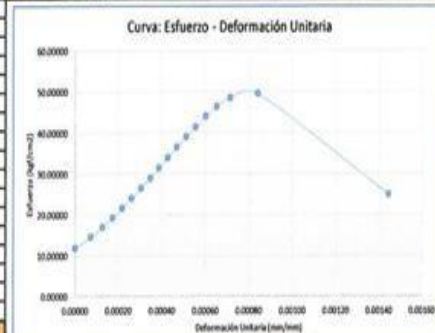
LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
15.38	0.06340	0.00031
15.84		X
17.23	0.06900	0.00034

Molde de prueba 5:

Datos para módulo de elasticidad

Carga (kn)	Carga (kgf)	Presión (kgf/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
9.28	946.71	11.82	0.000000	0.000000
11.43	1165.64	14.55	0.014700	0.000073
13.30	1356.02	16.93	0.025500	0.000126
15.12	1541.61	19.24	0.034900	0.000173
16.97	1730.26	21.60	0.043900	0.000217
18.85	1921.76	23.99	0.052600	0.000260
20.79	2119.49	26.45	0.061300	0.000303
22.74	2318.64	28.94	0.069800	0.000346
24.69	2517.79	31.43	0.078100	0.000387
26.65	2717.04	33.91	0.086300	0.000427
28.63	2919.05	36.43	0.094600	0.000468
30.62	3122.59	38.97	0.103100	0.000510
32.48	3311.64	41.33	0.112000	0.000554
34.54	3522.21	43.96	0.121500	0.000601
36.47	3718.41	46.41	0.131500	0.000651
38.13	3888.60	48.54	0.144200	0.000714
38.91	3967.83	49.52	0.169900	0.000841
19.56	1994.27	24.89	0.291800	0.001445

Curva Esfuerzo (kgf/cm²) - Deformación Unitaria (mm/mm)



Cálculos e interpolación para determinar el módulo de elasticidad

40% Carga última	17.5095	KN				
S2=	22.25242267	kgf/cm ²	LOAD (KN)	ESF. (kgf/cm ²)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
S1=	13.67355697	kgf/cm ²	9.284	11.79882304	0	0
E2=	0.000229745			X		0.00005
E1=	0.00005		11.431	14.57739619	0.0147	7.27723E-05

LOAD (KN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT.
16.97	0.04390	0.00022
17.51		X
18.85	0.05260	0.00026