



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS**

**TESIS**

**“DETERMINACIÓN DE COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE  
MAMPOSTERÍA DE PIEDRA JUNTEADA CON MORTEROS DE CAL”.**

**PRESENTA  
ING. MIGUEL ANGEL FLORES OLIVARES**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL  
CON ESPECIALIDAD EN CONSTRUCCIÓN**

**TUTOR  
DR. MIGUEL ÁNGEL SOTO ZAMORA**

**COMITÉ TUTORAL  
M. EN ING. JOSÉ ANTONIO DE LOERA AGUILERA  
DR. RAUDEL PADILLA CENICEROS**

**AGUASCALIENTES, AGS., 24 DE MAYO DE 2021**

**CARTA DE VOTO APROBATORIO  
INDIVIDUAL**

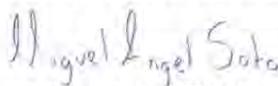
**DR. EN C. T. C. HÉCTOR HOMERO POSADA ÁVILA**  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
P R E S E N T E

Por medio del presente como **TUTOR** designado del estudiante **MIGUEL ANGEL FLORES OLIVARES** con ID **139302** quien realizó la tesis titulado: **DETERMINACIÓN DE COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA JUNTEADA CON MORTEROS DE CAL**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
"Se Lumen Proferre"

**Aguascalientes, Ags., a día 24 de mayo de 2021.**



**DR. MIGUEL ANGEL SOTO ZAMORA**  
Tutor de Tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

**CARTA DE VOTO APROBATORIO  
INDIVIDUAL**

**DR. EN C. T. C. HÉCTOR ROMERO POSADA ÁVILA  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
P R E S E N T E**

Por medio del presente como **Cotutor** designado del estudiante **MIGUEL ANGEL FLORES OLIVARES** con ID **139302** quien realizó la tesis titulada: **DETERMINACIÓN DE COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA JUNTEADA CON MORTEROS DE CAL**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**“Se Lumen Proferre”**  
**Aguascalientes, Ags., a 17 de mayo de 2021.**



**M. EN ING. JOSÉ ANTONIO DE LOERA AGUILERA**  
Co-Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

**CARTA DE VOTO APROBATORIO  
INDIVIDUAL**

**DR. EN C. T. C. HÉCTOR ROMERO POSADA ÁVILA  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
P R E S E N T E**

Por medio del presente como **Cotutor** designado del estudiante **MIGUEL ANGEL FLORES OLIVARES** con ID **139302** quien realizó la tesis titulada: **DETERMINACIÓN DE COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA JUNTEADA CON MORTEROS DE CAL**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"Se Lumen Proferre"**  
Aguascalientes, Ags., a 17 de mayo de 2021.

  
**DR. RAUDEL PADILLA CENICEROS**  
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FD-07  
Actualización: 01  
Emisión: 17/05/19



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 24/05/2021

NOMBRE: MIGUEL ANGEL FLORES OLIVARES ID 139302

PROGRAMA: MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL LGAC (del posgrado): ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN

TIPO DE TRABAJO: ( X ) Tesis ( ) Trabajo Práctico

TITULO: DETERMINACIÓN DE COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA JUNTEADA CON MORTEROS DE CAL

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): ESTA TESIS APORTA AL ÁMBITO DE LA CARACTERIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO AL PERMITIR INFERIR DATOS RELACIONADOS CON EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LOS MATERIALES SIN LA IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS O INVASIVAS.

INDICAR	SI	NO	N.A.	(NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
<b>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</b>					
SI					El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI					La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI					Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI					Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI					Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI					El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI					Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO					Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI					Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<b>El egresado cumple con lo siguiente:</b>					
SI					Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI					Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI					Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
N.A.					Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI					Coincide con el título y objetivo registrado
SI					Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI					Tiene el CVU del Conacyt actualizado
N.A.					Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
<b>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</b>					
N.A.					Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
N.A.					El estudiante es el primer autor
N.A.					El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
N.A.					En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
N.A.					Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
N.A.					La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado: Sí  No

Elaboró:

\* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCION:

FIRMAS

*Miguel Ángel Soto Zamora*  
DR. MIGUEL ÁNGEL SOTO ZAMORA

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

*Martín Hernández Marín*  
DR. MARTÍN HERNÁNDEZ MARÍN

\* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

*Alejandro Acosta Collazo*  
DR. ALEJANDRO ACOSTA COLLAZO

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

*Hector Homero Posada Ávila*  
DR. EN C. T. C. HÉCTOR HOMERO POSADA ÁVILA

**Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado**

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: "... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.  
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: D. Control Escolar/D. Apoyo al Posg.

Código: DO-SEE-FO-15  
Actualización: 01  
Emisión: 28/04/20

## AGRADECIMIENTOS

A mi tutor el doctor Miguel Angel Soto Zamora por su constante orientación, seguimiento y apoyo para el avance de este proyecto, a mi cotutor y amigo el maestro José Antonio de Loera Aguilera que me guio y apoyo en todo el proceso.

A los prestadores de servicio social del CBTis 168 por su invaluable apoyo en el proceso de la campaña experimental.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la oportunidad a la beca otorgada con la finalidad de ampliar mis conocimientos en ingeniería civil.

A mis padres Román Flores Mesa y Edaena Olivares Subias, a mis hermanas Diana y Alejandra que me motivaron a seguir adelante.

A mis amigos de antaño Sergio Joel Hernández Guerra alias "el checo", Juan Antonio Hernández Andrade alias "el abuelo" y a mis nuevos amigos, Christian Rodríguez Padilla, Hiram Jhosafat Gaytán Molina, Jorge Octavio Contreras Castañeda, Luis Eduardo Cadengo Lopez, por su apoyo y compañía.

A una mujer que aparte de ayudarme a crecer en el ámbito personal me motivo y apoyo a realizar este documento, Brenda Pineda Torres.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
RESUMEN.....	9
ABSTACT.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Prologo .....	12
1.2 Objetivo General .....	13
1.3 Objetivos Particulares.....	13
1.4 Alcances .....	14
1.5 Justificación .....	14
1.5.1 UNESCO e INAH.....	14
1.5.2 Monumentos históricos.....	15
1.5.3 Ejemplos de Estudio .....	16
1.6 Hipótesis .....	18
2. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO .....	20
3. MARCO TEÓRICO.....	25
3.1 Mampostería .....	25
3.1.1 Mampuesto.....	26
3.1.2 Roca .....	26
3.1.3 Mortero.....	27
3.1.4 Granulometría .....	27
3.1.5 Cal .....	28
3.1.6 Aparejos.....	28
3.2 Esfuerzo .....	29
3.3 Resistencia a la compresión.....	30
3.4 Deformación .....	32
3.5 Módulo de Elasticidad, Ley de Hooke y Modulo de Young .....	32
3.6 Velocidad de la aplicación de la Carga.....	33
3.7 Comportamiento de un material en una gráfica esfuerzo-deformación .....	34
3.8 Deformímetros.....	36
3.9 Prensa universal.....	38
4. METODOLOGÍA .....	40

4.1 Normatividad .....	40
4.2 Definición de probetas .....	41
4.2.1 Medidas .....	41
4.2.2 Variables .....	42
4.2.3 Configuración.....	43
4.2.4 Nomenclatura probetas regulares.....	45
4.2.5 Configuración probetas irregulares .....	46
4.3 Elaboración de probetas.....	48
4.3.1 Moldes .....	48
4.3.2 Mampuestos .....	49
4.3.3 Arena.....	50
4.3.4 Mortero .....	52
4.3.6 Procedimiento de prueba .....	55
5. RESULTADOS.....	59
5.1 Probetas regulares .....	59
5.2 Probetas de roca .....	60
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	62
6.1 Análisis esfuerzo-deformación.....	62
6.2 Observaciones de la Campaña Experimental.....	67
6.3 Pruebas de Normalidad.....	68
6.3.1 Prueba de Normalidad Anderson-Darling.....	70
6.3.2 Prueba de Normalidad Ryan-Joiner .....	73
6.3.3 Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov .....	76
6.4 Justificación de las pruebas estadísticas para la comprobación de hipótesis de investigación .....	79
6.4.1 Diferencia de medias poblacionales o prueba t de 2 muestras independientes.....	79
6.4.2 Correlación de Pearson.....	80
6.4.3 Interpretación de la correlación .....	82
6.5 Diferencia de medias poblacionales o prueba t de 2 muestras independientes ..	83
6.5.1 Variable Independiente "X1: Espesor de junta" considerando densidad. ....	83
6.5.2 Variable Independiente "X1: Espesor de junta" considerando resistencia a la compresión.....	89
6.5.3 Variable Independiente "X1: Espesor de junta" considerando módulo de elasticidad. 95	
6.5.4 Variable independiente "X2: Tipo de piedra" considerando densidad.....	101
6.5.5 Variable independiente "X2: Tipo de piedra" considerando resistencia a la compresión .....	103
6.5.6 Variable independiente "X2: Tipo de piedra" considerando módulo de elasticidad..	105
6.5.7 Variable independiente "X3: Tipo de aparejo" considerando densidad .....	107

6.5.8 Variable independiente "X3: Tipo de aparejo" considerando resistencia a la compresión ..... 109

6.5.9 Variable independiente "X3: Tipo de aparejo" considerando módulo de elasticidad 111

6.6 Correlaciones estadísticas ..... 113

6.6.1 Densidad vs Resistencia a la compresión ..... 113

6.6.2 Densidad vs Módulo de elasticidad ..... 115

6.6.3 Resistencia a la compresión vs Módulo de elasticidad ..... 117

7. Conclusiones ..... 120

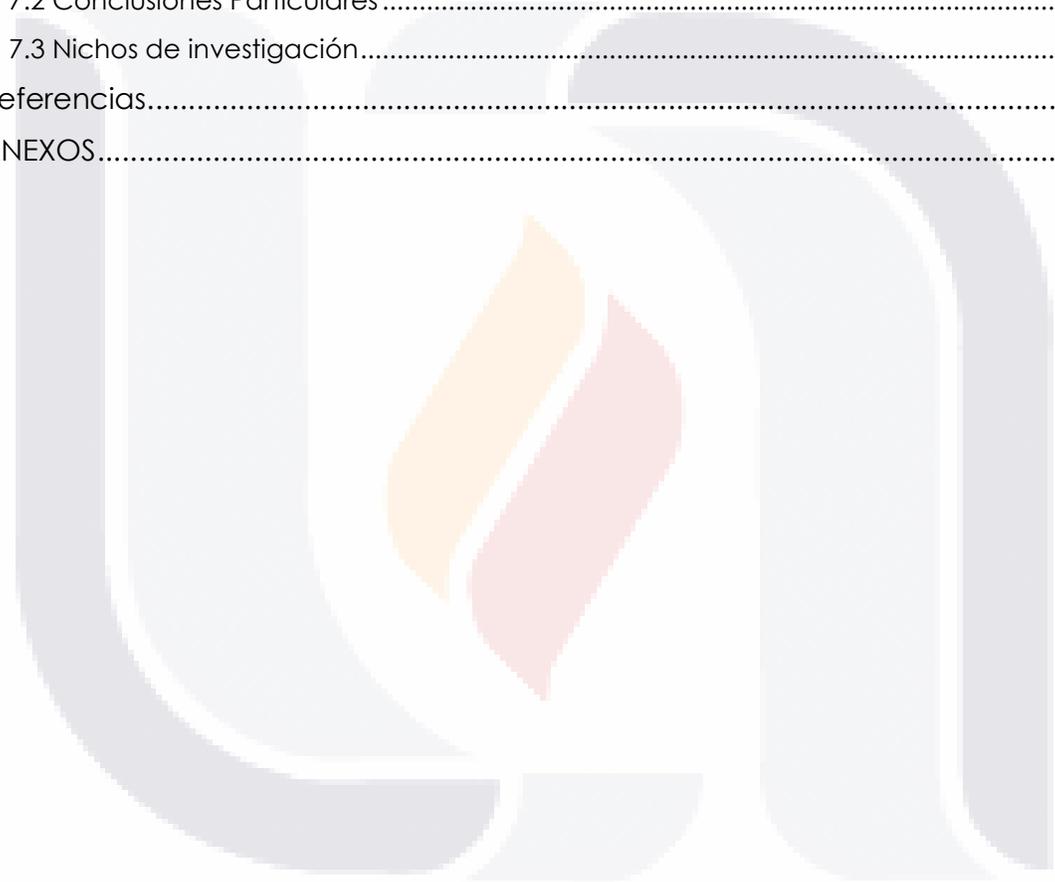
7.1 Conclusión general ..... 120

7.2 Conclusiones Particulares ..... 120

7.3 Nichos de investigación ..... 121

Referencias ..... 122

ANEXOS ..... 125



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación Resistencia a la compresión - Grosor de Junta. (Mayes & Clough, 1975) .....	23
Tabla 2 Variables presentes en la elaboración de probetas, autoría propia. ....	42
Tabla 3 Dimensiones de mampuestos, autoría propia. ....	44
Tabla 4 Combinación de tipo de material con tipo de aparejo, autoría propia.....	45
Tabla 5 Combinación de tipo de material con tipo de aparejo con espesor de junta, autoría propia. ....	45
Tabla 6 Combinación de tipo de material con tipo de aparejo con espesor de junta con numero de probeta, autoría propia.....	46
Tabla 7 Combinación de tipo de material con numero de probeta, autoría propia.....	47
Tabla 8 Tabla de granulometría de arena, autoría propia.....	50
Tabla 9 Tabla de resultados de probetas regulares, autoría propia.....	59
Tabla 10 Tabla de resultados de probetas de roca, autoría propia.....	60
Tabla 11 Interpretaciones del valor r por rangos, autoría propia.....	82
Tabla 12 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta" .....	83
Tabla 13 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta". autoría propia .....	85
Tabla 14 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia .....	87
Tabla 15 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.....	89
Tabla 16 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.....	91
Tabla 17 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta" .....	93
Tabla 18 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia .....	95
Tabla 19 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia .....	97
Tabla 20 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia .....	99
Tabla 21 Diferencia de Medias de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra"., autoría propia .....	101

Tabla 22 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y2: Resistencia a la compresión” de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente “X2: Tipo de piedra”., autoría propia ..... 103

Tabla 23 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente “X2: Tipo de piedra”.autoría propia ..... 105

Tabla 24 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente “X3: Tipo de aparejo”, autoría propia ..... 107

Tabla 25 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente “X3: Tipo de aparejo”, autoría propia ..... 109

Tabla 26 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente “X3: Tipo de aparejo”, autoría propia ..... 111



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista panorámica de la catedral de Cusco (Olarate, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014). .....	17
Figura 2 Modelado en 3D de la Catedral de cusco (Olarate, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014) .....	18
Figura 3 Tipos de Mampostería (Del-Real Dávalos, 2013).....	25
Figura 4 Ejemplo de aparejos (Marzua, 2013) .....	28
Figura 5 Elementos en una gráfica de esfuerzo-deformación (M. Gere, 2002) .....	34
Figura 6 Graficas de esfuerzo-deformación, donde se observa un proceso de carga y descarga implicando el límite elástico (M. Gere, 2002).....	35
Figura 7 Deformímetros digitales instalados, autoría propia.....	37
Figura 8 Prensa universal de la marca CONTROLS modelo 70-S12Z00, autoría propia. ...	38
Figura 9 Configuración Probetas, autoría propia.....	43
Figura 10 Elementos presentes en la nomenclatura de probetas regulares, autoría propia.....	45
Figura 11 Elementos presentes en la nomenclatura de probetas irregulares, autoría propia.....	46
Figura 12 Moldes fabricados para la elaboración de las probetas, autoría propia. ....	48
Figura 13 Mampuestos cortados para las probetas, autoría propia. ....	49
Figura 14 Arena ordenada por granulometría, autoría propia. ....	51
Figura 15 Grafica de granulometría de arena, autoría propia. ....	51
Figura 16 Uso de la mesa de impacto, autoría propia.....	52
Figura 17 Fabricación de probetas, autoría propia.....	53
Figura 18 Almacenamiento de probetas, autoría propia.....	54
Figura 19 Pesado y medido de probetas, autoría propia.....	54
Figura 20 Obtención de la resistencia a la compresión, autoría propia.....	55
Figura 21 Probeta sobre la prensa universal con deformímetros instalados, autoría propia.....	57
Figura 22 grafica esfuerzo deformación correspondiente a la probeta C-C-1.5-1 (primera probeta de cantera con sillar tipo columna y espesor de 1.5 cm de espesor), autoría propia. ....	64
Figura 23 Determinación del módulo de elasticidad de la mampostería en la gráfica esfuerzo-deformación. (extraído de la NMX-C-128) .....	65
Figura 24 grafica esfuerzo deformación corresponde a la probeta PR-2 (segunda probeta de riolita), autoría propia. ....	66
Figura 25 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling para la variable dependiente "Y1: Densidad", autoría propia. ....	70
Figura 26 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling, para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión", autoría propia. ....	71
Figura 27 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling para la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad", autoría propia. ....	72
Figura 28 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Ryan Joiner para la variable dependiente "Y1: Densidad", autoría propia.....	73
Figura 29 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Ryan Joiner para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión", autoría propia.....	74
Figura 30 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Ryan Joiner para la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad", autoría propia.....	75

Figura 31 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente "Y1: Densidad", autoría propia. .... 76

Figura 32 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión", autoría propia. .... 77

Figura 33 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad", autoría propia. .... 78

Figura 34 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 84

Figura 35 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 86

Figura 36 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 88

Figura 37 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 90

Figura 38 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 92

Figura 39 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 94

Figura 40 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 96

Figura 41 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 98

Figura 42 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia. .... 100

Figura 43 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra", autoría propia. .... 102

Figura 44 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra", autoría propia. .... 104

Figura 45 Gráfica de valores individuales de "Y3: Módulo de elasticidad" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra", autoría propia. .... 106

Figura 46 Gráfica de valores individuales de "Y1: Densidad" de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente "X3: Tipo de aparejo", autoría propia. .... 108

Figura 47 Gráfica de valores individuales de "Resistencia a la compresión" de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente "X3: Tipo de aparejo", autoría propia. .... 110

Figura 48 Gráfica de valores individuales de "Módulo de Elasticidad" de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente "X3: Tipo de aparejo", autoría propia., autoría propia ..... 112

Figura 49 Gráfica de dispersión de "Densidad" contra "Resistencia a la compresión", autoría propia. .... 114

Figura 50 Gráfica de dispersión de "Densidad" contra "Módulo de elasticidad", autoría propia..... 116

Figura 51 Gráfica de dispersión de "Resistencia a la compresión" contra "Módulo de elasticidad", autoría propia. .... 118



## RESUMEN

Las edificaciones antiguas son evidencia del paso de sociedades en el sitio, que hacen presente sus valores, ideologías, momentos históricos y tradiciones (Gálvez-González). Al conocer el valor del patrimonio histórico es necesario fomentar su preservación, ya que el uso junto con el paso del tiempo somete a los materiales que lo constituyen a procesos de degradación, poniendo en riesgo la integridad de los mismos.

Entre los procesos de restauración o conservación del patrimonio histórico se realiza el análisis estructural, para poder proporcionar un diagnóstico certero acerca del edificio estudiado, proporcionándonos resultados útiles para conocer el comportamiento de la estructura, definiendo así los elementos más vulnerables, esto con base en datos extraídos de la estructura como dimensiones, resistencia de materiales, módulo de elasticidad, entre otros.

El módulo de elasticidad define la forma en que el material de una estructura se comportará ante fuerzas ejercidas, dicho valor se extrae de una muestra física del material, usualmente existe el inconveniente de no poder realizar pruebas intrusivas en el patrimonio histórico dada su importancia, por lo que se vuelve de gran utilidad establecer una metodología que permita obtener los valores estructurales lo más cercanos a la realidad, llegando a obtener estos datos solamente empleando variables como: mortero, mampuesto y tipo de aparejo.

Pretendiendo a través de la fabricación de probetas realizadas con piedras y mortero de cal, obtener los valores de las mismas sometiéndolas a pruebas para posteriormente encontrar una correlación entre las características de las diferentes probetas y las pruebas.

**Palabras clave:** Patrimonio histórico, mampostería, cal, piedra y módulo de elasticidad.

## ABSTACT

The old buildings are evidence of the passage of societies on the site, which make their values, ideologies, historical moments and traditions present (Gálvez-González). Knowing the value of the historical heritage, it is necessary to promote its preservation, since the use together with the passage of time subjects the materials that constitute it to degradation processes, putting their integrity at risk.

Among the processes of restoration or conservation of the historical heritage, the structural analysis is carried out, in order to provide an accurate diagnosis about the studied building, providing us with useful results to know the behavior of the structure, thus defining the most vulnerable elements, this based on data extracted from the structure such as dimensions, resistance of materials, modulus of elasticity, among others.

The modulus of elasticity defines the way in which the material of a structure will behave in the face of exerted forces, said value is extracted from a physical sample of the material, there is usually the disadvantage of not being able to perform intrusive tests on the historical heritage given its importance,, For this reason, it is very useful to establish a methodology that allows obtaining the structural values as close to reality as possible, obtaining these data only using variables such as: mortar, masonry and type of rigging.

Attempting, through the manufacture of test pieces made with stones and lime mortar, to obtain their values by subjecting them to tests to later find a correlation between the characteristics of the different test pieces and the results.

**Keywords:** Historical heritage, masonry, lime, stone and modulus of elasticity.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



CAPÍTULO

INTRODUCCIÓN

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

# TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Prologo

Las edificaciones antiguas son evidencia del paso de sociedades en el sitio, que hacen presente su ideología, identidad y cultura, en futuras generaciones, esto ha promovido en México, la creación de distintas leyes e instituciones con el propósito de asegurar la conservación del patrimonio cultural (Gálvez-González).

En la actualidad el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) es el organismo público en México que tiene entre sus responsabilidades la conservación de edificios históricos. Con la finalidad de proporcionar un diagnóstico certero en los inmuebles patrimoniales (estructuras, edificio o construcción patrimoniales) antes de realizarle: mantenimiento, restauración o alguna acción correctiva en su estructura, es necesario realizar diversos estudios como el análisis estructural, apoyado actualmente en softwares, que tomen como base la representación gráfica de la estructura y el módulo de elasticidad de los materiales que la componen.

El módulo de elasticidad es una constante que permite predecir la deformación que tendrá un material bajo la acción de una fuerza, este valor no presenta fluctuaciones en materiales isotrópicos, pero los edificios históricos se conforman por distintos materiales lo que provoca variaciones en este valor.

El INAH limita la extracción de muestras, debido a esta limitante es útil contar con información que permita definir un módulo de elasticidad antes de recurrir a los estudios no intrusivos como son los de resistividad o resonancia que conllevan un mayor costo, dada la diversidad de materiales en los edificios históricos, se acota la investigación a los comúnmente empleados que son piedra y mortero de cal.

Esta investigación proporciona la relación que tiene el módulo de elasticidad de la mampostería con factores como: el acomodo y tamaño de las rocas, el ancho del mortero y los módulos de elasticidad tanto del mortero como de la piedra.

## **1.2 Objetivo General**

Determinar la relación existente entre el módulo de elasticidad de una mampostería de piedra junteada con mortero de cal con el tipo de piedra, el acomodo de sus elementos, el espesor de sus juntas y los módulos de elasticidad propios del mortero y de la piedra.

## **1.3 Objetivos Particulares**

- A) Determinar por medio de la investigación documental la condición actual del estado del arte.
- B) Obtener la densidad del mortero de cal, mampuesto y mampostería.
- C) Evaluar el módulo de elasticidad de: mortero de cal, mampuesto y mampostería, variando el tipo de aparejo.
- D) Determinar mediante un análisis estadístico la relación que existe entre el módulo de los elementos por separado, unidos y su aparejo.

## 1.4 Alcances

El alcance de esta investigación será experimental al obtener los módulos de elasticidad de probetas de mampostería de roca unida con mortero de cal, para posteriormente de manera correlacional, buscar correspondencia entre el módulo de elasticidad en las probetas con las características del aparejo empleado en su construcción, así como con los módulos de elasticidad propio de las rocas y mortero empleado, con la finalidad de proporcionar información que permita asignar un módulo de elasticidad a mamposterías similares existentes en construcciones a evaluar estructuralmente, permitiendo realizar un diagnóstico preliminar. Todo lo anterior se llevará a cabo en el tiempo definido por los objetivos y cronogramas del programa de estudio.

## 1.5 Justificación

### 1.5.1 UNESCO e INAH

Los principales bienes indispensables e insustituibles de la humanidad son el patrimonio cultural y natural, ya que son lo más valioso con lo que cuenta cual civilización, el desgaste o en el peor de los casos la pérdida de estos significa la decadencia de la cultura y de suministros básicos indispensables para garantizar el desarrollo de la misma, por este motivo es de suma importancia la conservación de dichos bienes. (Sanz, 2008)

El INAH es uno de los encargados de asegurar la conservación y preservación del patrimonio histórico en México, como se establece en el Ley Federal, en el artículo 2º.

“La Secretaría de Cultura, el Instituto Nacional de Antropología e Historia, el Instituto Nacional de Bellas Artes y los demás institutos culturales del país, en coordinación con las autoridades estatales, municipales y los particulares, realizarán campañas permanentes para fomentar el conocimiento y respeto a los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos”. (LEY FEDERAL SOBRE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS, ARTÍSTICOS E HISTÓRICOS, 1972) (Sanz, 2008)

### 1.5.2 Monumentos históricos

La ley establece que los monumentos históricos, son los bienes asociados con la historia de la Nación a partir del asentamiento de la cultura hispánica en el país, por lo que las zonas de monumentos, edificaciones, monumentos arqueológicos y artísticos realizadas desde el siglo XVI al XIX son considerados monumentos históricos, (INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, 2018)

Es posible reconocer, en las diversas construcciones existentes con este perfil, una infinidad de variaciones en sus materiales y sistemas constructivos, ligados al punto de la historia en que fueron construidos. (INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, 2018)

Los monumentos en su totalidad se conforman de vestigios que registran su evolución histórica, cada uno de estos vestigios analizados, nos proporcionan información para interpretar el paso del tiempo (INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, 2018).

Por esta razón es primordial preservar estos monumentos, ya que con ellos logramos reescribir la historia, haciendo hincapié en lo importante que es no dañar los monumentos al momento de realizar estudios, como se manifiesta en la "Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artístico e Históricas" en su artículo 52.

"Al que por cualquier medio dañe, altere o destruya un monumento arqueológico, artístico o histórico, se le impondrá prisión de tres a diez años y multa hasta por el valor del daño causado". (LEY FEDERAL SOBRE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICOS, ARTÍSTICOS E HISTÓRICOS, 1972)

En los lineamientos institucionales generales en materia de conservación del patrimonio cultural se menciona que “cualquier intervención de conservación deberá asegurar una buena compatibilidad entre los materiales, y en particular un comportamiento afín de los componentes originales y aquellos añadidos durante la intervención de conservación” (CONACULTA, 2014)

Dicho lo anterior es claro que estudiar las características de patrimonio cultural permite ejecutar una óptima restauración. (CONACULTA, 2014).

Complementando lo expuesto es de gran importancia conocer las características de un inmueble una parte de ello es conocer el material que lo compone, Gere establece que es de gran importancia expresar los resultados obtenidos de los ensayos de compresión o tensión de tal forma que puedan aplicarse a miembros de cualquier tamaño, lo cual se consigue por medio de convertir los resultados a esfuerzos y deformaciones unitarias, consiguiendo de esta manera transmitir las características sobre las propiedades mecánicas y tipo de comportamiento a elementos más grandes pero fabricados con el mismo material. (M. Gere, 2002)

### **1.5.3 Ejemplos de Estudio**

En el estudio de Padilla Ceniceros, de la Catedral Basílica de Aguascalientes de “Nuestra señora de la Asunción”, se registran las condiciones recientes y ubicación de zonas de deterioro, la obtención de las propiedades mecánicas a partir de datos cualitativos, el conocimiento de datos característicos de la piedra, así como propiedades internas de los muros de mampostería y discontinuidades que podrían afectar las condiciones de seguridad estructural del edificio. (Padilla Ceniceros, 2017)

La utilidad de esta investigación se observa en casos ya elaborados donde se presenta la necesidad de conocer el comportamiento de los materiales para consecuentemente predecir los posibles movimientos que presentara una estructura, un ejemplo de esto, se registró en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral de Cusco, en Perú, estudio realizado para establecer el mejor criterio para su restauración, habiendo sufrido cuatro sismos significativos desde su creación llego a sufrir el colapso parcial de algunos elementos, fue restaurada en diferentes épocas y por consiguiente con diferentes procedimientos, se estudió la geometría y materiales de la estructura (cimentación, muros, pilares, arcos, bóvedas). (Olarte, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014)



*Figura 1 Vista panorámica de la catedral de Cusco (Olarte, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014).*

Uno de los principales valores empleados para poder ejecutar un análisis estructural fue el módulo de elasticidad obtenido de los materiales rescatados de anteriores restauraciones, entre otros valores y con el apoyo del programa SAP2000, concluyen que la estructura se construyó para resistir las cargas de gravedad no así para las tracciones producidas por sismos siendo los elementos más vulnerables los arcos y las bóvedas. En el estudio se observa la utilidad de conocer el módulo de elasticidad de los materiales para poder realizar los cálculos en el modelo estructural, siendo de tal importancia es preferible contar con datos de investigaciones referentes al comportamiento elástico de las mampostería de piedra unidas con mortero de cal, a tener que realizar una campaña que busque obtener estos datos para después iniciar con algún análisis estructural, facilitando el diagnostico estructural de edificaciones patrimoniales. (Olarte, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014)

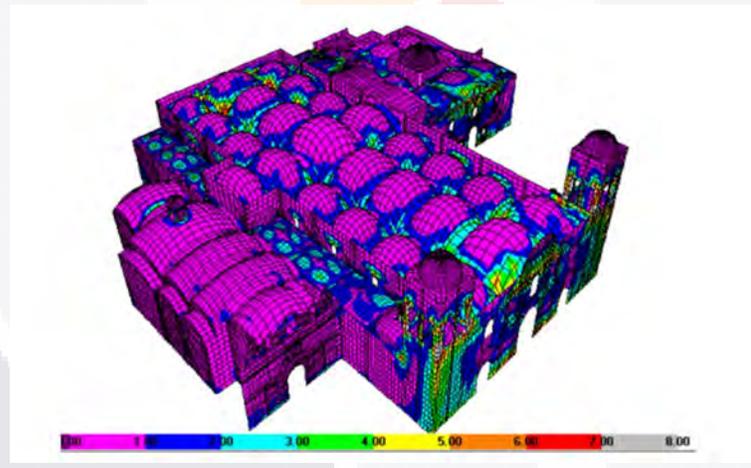


Figura 2 Modelado en 3D de la Catedral de cusco (Olarte, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014)

## 1.6 Hipótesis

El módulo de elasticidad de mampostería de piedra unida con mortero de cal se puede establecer con base en: el módulo de elasticidad de la piedra, del mortero, junto con el acomodo de sus elementos y el espesor de sus juntas.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



# CAPÍTULO

## II

ESTADO ACTUAL DEL  
CONOCIMIENTO

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

## 2. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Los edificios históricos son la evidencia del pasado junto con valores intrínsecos, de ahí la importancia de su conservación. Para lo cual se siguen procedimientos como los cinco pasos establecidos por Peña que son: "adquisición de datos, selección de la herramienta de análisis, proceso de calibración y validación, tipos de análisis y análisis paramétricos". (Peña Mondragón, 2010)

Con el objetivo de realizar un análisis estructural, es necesario estudiar los materiales que constituyen el edificio, esto sin realizar pruebas intrusivas en el patrimonio a reconocer, para evitar alterar la integridad y/o autenticidad del mismo. Un ejemplo de procesos en la restauración, se desarrolló en el Katholikon (iglesia principal) del monasterio de Dafni en la región de Attica, al noreste del centro de Atenas en Grecia, donde se presentó la necesidad de investigar la composición de las mamposterías, con la finalidad de establecer el tipo de material a emplear en su restauración, debido a la presencia de grietas en el muro y por consecuencia en los mosaicos adheridos, daños producto de un sismo con una magnitud de 6.0° Richter en 1999. (Vintzileou & Militiadou-Fezans, 2008)

Para realizar dicha investigación se realizaron 6 especímenes de muestra, similares a la mampostería del katholikon en escala 2:3, compuestos por dos caras de mampostería de piedra externas rellenas en el centro con agregados de gran tamaño, unidos con mortero pobre de cal con puzolana, dichos especímenes se probaron en diferentes tiempos (28, 90, 180 días) y diferentes formas (compresión vertical y diagonal), para obtener fallas similares a las que presentó el monasterio, obteniendo en cada caso su módulo de elasticidad entre otros valores, posteriormente se rellenaron las grietas de las muestras con diferentes lechadas y nuevamente se probaron de la misma manera, pero todas a 90 días, para al final elegir con base en datos como el módulo de elasticidad el material a emplear en la restauración, dando base a una acción precisa en el lugar a restaurar (Vintzileou & Militiadou-Fezans, 2008).

Así como el módulo de elasticidad nos permite elegir el mejor material al momento de restaurar edificios, también es útil al determinar los elementos más vulnerables ante la acción de un sismo, como se registra en la valoración de la vulnerabilidad sísmica de la catedral de Cusco, en Perú. El estudio se realizó con la finalidad de establecer el mejor criterio para la restauración; se estudió la geometría y materiales de la estructura (cimentación, muros, pilares, arcos, bóvedas). Partiendo de la obtención del módulo de elasticidad, un valor importante que define el comportamiento del material (entre otros valores), fundamentales para analizar estructuralmente un edificio, llegaron a representar las zonas más críticas de la estructura (Olarte, Proaño, Scaletti, Torres, & Zavala, 2014). Cabe resaltar que el análisis realizado por Olarte tuvo acceso a elementos desprendidos del edificio en anteriores sismos.

Se observa un artículo que tiene el mismo objetivo de realizar un análisis estructural lo más cercano a la realidad; aunque sin realizar pruebas intrusivas en el patrimonio a estudiar, se denomina "método de análisis y clasificación de mampostería histórica". El método MQI (Masonry Quality Index), por sus siglas en inglés, propuesto por Borri, Corradi, Castori, & De Maria (2015), se encuentra dentro del código de diseño de Umbría, Italia. Esta metodología se basa en el conocimiento y experiencia del observador, como principal fuente de datos para obtener valores estructurales, esto a través de los siguientes 7 parámetros: propiedades mecánicas de la mampostería (SM), dimensiones de los mampuestos (SD), forma del mampuesto (SS), conexión entre hojas de los muros (WC), características de las juntas horizontales (HJ), características de las juntas verticales (VJ), propiedades mecánicas del mortero (MM). Cada uno de los anteriores parámetros se ponderan con los siguientes 3 niveles: NF, PF y F, estos niveles representan: no cumple, parcialmente cumple y cumple, respectivamente, a su vez cada parámetro implica un rango de valores que a disposición del observador serán asignados a la mampostería. Posteriormente a través de una fórmula que contempla cada uno de los parámetros, se obtiene el MQI con el cual se extraen datos estructurales establecidos para diferentes valores de MQI en el código de construcción italiana, datos el módulo de elasticidad. Finalmente se presentan los datos en una hoja resumen donde se

observan los parámetros con sus respectivos niveles asignados, junto con imágenes de las mamposterías. La investigación a realizar proporcionará datos útiles en el desarrollo de esta metodología en México, ya que los valores proporcionados por el código italiano corresponden a los materiales empleados en su país de origen. (Borri, Corradi, Castori, & De Maria, 2015).

De acuerdo con flores Cano, para los estudios del comportamiento de estructuras de alta mampostería se recurre a modelos de análisis no lineal, es necesario conocer la curva esfuerzo-deformación axial de la mampostería, al conocer la importancia de este valor en un análisis estructural, es de gran utilidad contar con campañas experimentales que nos permitan conocer con certeza este dato, por lo que presenta un trabajo experimental que da como resultado modelos de comportamiento mecánico esfuerzo-deformación axial" de tres tipos de mampostería usualmente utilizada en México, las cuales son: tabicón, tabique y ladrillo rojo recocido extruido vertical de dos huecos. La mencionada tesis es un marco de referencia ya que expone una metodología en el muestreo de mampostería para obtener el modelo de elasticidad de mampostería de piedra unida con mortero de cal. (Flores Cano, 2010)

De acuerdo con el estudio de Mayes & Clough, donde nos muestran los resultados de construir mampostería fuera de lo común, con el objetivo de observar el comportamiento de diferentes módulos de elasticidad en las juntas, donde emplean mampuestos de cemento y de yeso con juntas de aluminio y polietileno, de estos materiales el que tiene mayor módulo de elasticidad es el aluminio seguido del cemento, continuado por el yeso y teniendo al final con el menor valor el polietileno. Observando los mampuestos fabricados se concluye que el aluminio como junta restringe al cubo contra la división por tracción, permitiendo una falla de corte a una resistencia a la compresión aparentemente mayor a diferencia del polietileno como junta que produce que las tensiones laterales en los cubos se vuelvan tensas, lo que resulta en una división vertical característica que produce una resistencia a la compresión aparentemente menor. Lo que refuerza la importancia saber el módulo de elasticidad con el

objetivo de predecir el comportamiento de una mampostería. (Mayes & Clough, 1975)

Mayes & Clough, también expone en el texto la influencia del espesor de la junta como un parámetro significativo de la fuerza del prisma, como se observa en la siguiente tabla (Mayes & Clough, 1975).

Tabla 1. Relación Resistencia a la compresión - Grosor de Junta. (Mayes & Clough, 1975)

Grosor de junta (in <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (psi)	Relación Resistencia
0.25	6550	1
0.375	5850	0.89
0.5	4900	0.75
0.625	4050	0.62
0.75	3150	0.48

En esta tabla se observa el comportamiento de mampuestos con dimensiones de 4\*8\*16 in y un mortero cemento-arena 1-4.5, el comportamiento lo miden a través de la resistencia a la compresión, también se puede prever que el módulo de elasticidad presentará cambios. (Mayes & Clough, 1975)



CAPÍTULO

III

MARCO TEÓRICO

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Mampostería

La mampostería se define como el sistema tradicional de construcción que consta de la realización de muros para diversas implementaciones, los que se realizan de manera manual colocando un conjunto de piezas de diversos materiales, los cuales pueden ser naturales (piedras), o artificiales (adobe, tabiques, bloques) unidas entre sí, mediante un material cementante, cada uno de los elementos con los que se elabora la estructura es de dimensiones menor a la que se va a elaborar y depende del sistema que se emplea para su realización.

La unidad o pieza es el componente básico más importante dentro del ramo de la mampostería, en México podemos encontrar los siguientes tipos de mampostería, de acuerdo con el procedimiento con el que se trabaje la piedra natural. (Del-Real Dávalos, 2013)

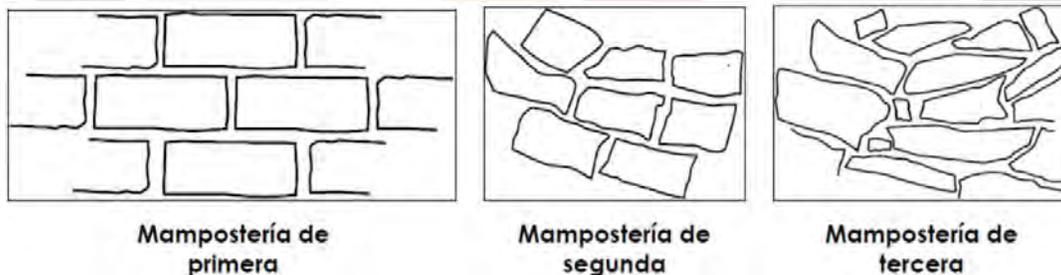


Figura 3 Tipos de Mampostería (Del-Real Dávalos, 2013)

En la mampostería de primera se utilizan los sillares, que es el nombre que recibe la piedra que se trabaja en paralelepípedos para lograr que todos sus lados tengan la misma proporción rectangular, proporción rectangular.

Cuando la mampostería de ejecuta con piedra labrada en paralelepípedos de forma irregular solo puliendo su forma natural se conoce como mampostería de segunda.

Cuando se realiza un muro con piedra irregular en su forma natural tal y como llega a la cantera se le denomina mampostería de tercera, aunque se debe procurar que la cara expuesta sea la más plana. (Del-Real Dávalos, 2013)

Es muy difícil medir el módulo de elasticidad de la mampostería a partir de los módulos de sus componentes, incluso en el caso de piedras muy regulares con juntas muy delgadas.

### **3.1.1 Mampuesto**

Piedra de labra tosca o sin labrar que se pone con la mano (de ahí su nombre) sin auxiliarse de otros medios. Se coloca con mezcla o en seco. (Glosario ilustrado de arte arquitectónico, 2021)

El mampuesto es el material principal que forma parte de una mampostería este puede ser natural, piedras, o artificial, adobe, tabique, ladrillo, block, etcétera.

### **3.1.2 Roca**

Una roca según la geología es un material extraído de la corteza terrestre, formado por una agrupación de minerales, que presentan una cierta uniformidad estadística, a veces plástica o móvil y por lo general coherente y dura; en el límite líquida o gaseosa (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

La roca es un objeto mineral sin procesar se encuentra en estado bruto, mientras que una piedra es un objeto que es su proceso se pule, por lo que el comportamiento de una roca se presenta en una piedra siempre y cuando los componga el mismo material. (Cifuentes González, 2019)

### **3.1.3 Mortero**

El mortero es la mezcla de material aglomerante, materiales de relleno, agua y aditivos, con características mecánicas, físicas y químicas parecidas a las del concreto, puede ser utilizado para recubrimiento, revestimiento o repello de muros, así como para mampostería en la construcción de los mismos. (Sánchez de Guzmán, 2001)

La compresión del mortero en las juntas es producto de esfuerzos superiores a la resistencia que tiene el mortero, pero menores a la resistencia de la piedra, el esfuerzo que produce el aplastamiento del mortero es inversamente proporcional al espesor de la junta, manteniendo como constantes los demás factores. (Peña Mondragón, 2010)

Las mamposterías formadas por piedras colocadas sin juntas de mortero (a hueso) tienen resistencias menores a las de la piedra, pero mayores a las de la mampostería con juntas de mortero. (Peña Mondragón, 2010)

El mortero empleado en la campaña experimental de la presente tesis fue de cal-arena a una proporción 2-1, ya que fue la relación que proporcionaba más facilidad de trabajo.

### **3.1.4 Granulometría**

Son las distribuciones de los distintos tamaños de las partículas que conforman los materiales, estos pueden ser, gravas, arenas, limos y/o arcillas, los tamaños se presentan en porcentajes según su dimensión. Es importante conocer la granulometría ya que puede afectar de manera directa el peso volumétrico de un mortero, una curva suave o un módulo de finura adecuado determina que el agregado propiciara una mejor distribución e esfuerzos dentro del mortero, lo que puede aumentar la resistencia a la compresión. (De Loera Aguilera, 2018)

### 3.1.5 Cal

La cal ( $\text{CaO}$ , Dioxido de calcio), es el resultado de la calcinación de rocas calizas con un contenido de impurezas que oscila entre el 10% y el 20%. La cal después de ser combinada con agua, endurece por el proceso de carbonatación a esta singularidad se le confiere la capacidad de fraguar en ambientes húmedos o de sumersión total en agua, aunado a lo anterior, la cal muestra resistencia mecánica mayor y en menor tiempo que la cal aérea. (García Salas, 2016)

### 3.1.6 Aparejos

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española "Forma y modo de disponer, tallar y enlazar los materiales de una construcción" (Real Academia Española, 2021)

Aparejos es el concepto utilizado para denotar las diversas maneras de disponer los ladrillos dentro de una mampostería. El objetivo de trabar las sucesivas hiladas es impedir la presencia de una continuidad en las juntas verticales.

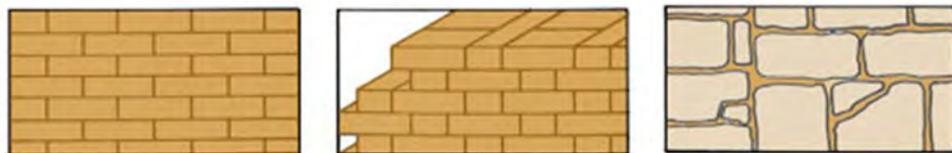


Figura 4 Ejemplo de aparejos (Marzua, 2013)

## 3.2 Esfuerzo

El concepto esfuerzo es empleado en la física, específicamente en Mecánica, es la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo hasta deformarlo; la reacción en el comportamiento de la materia dependerá de la cantidad y dirección de la fuerza que se ejerza en la misma, generando diferentes tipos de deformaciones en los cuerpos, el esfuerzo de tracción produce que alargamientos, el esfuerzo de compresión genera aplastamiento, de flexión produce que los cuerpos se doblen, el esfuerzo de cortante produce como su nombre lo indica corte, y el esfuerzo de torsión produce que el cuerpo se retuerza. (Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2016).

Para los fines de esta investigación y con base en el autor James M. Gere "Mecánica de Materiales" el libro emplea, de manera representativa para explicar el esfuerzo, una "barra prismática" la cual es un miembro estructural recto con la misma sección transversal en toda su longitud, que en este caso será nuestra probeta y "Fuerza axial" la cual es una fuerza dirigida a lo largo del eje de la probeta, que se somete a tensión o a compresión", dicha fuerza es la aplicada por la prensa universal. Teniendo definidos estos dos conceptos se plantea la fórmula 1 de esfuerzo, donde sigma " $\sigma$ " representa el esfuerzo, "P" la fuerza ejercida y "A" el área de la sección del material donde se presenta el esfuerzo. (M. Gere, 2002)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Es importante tener estos conceptos, ya que nos permite analizar el comportamiento de las probetas en el momento en el que la fuerza sea aplicada por la prensa. El autor James M. Gere, nos menciona que el principal requisito, para emplear la fórmula mencionada de manera efectiva, es que la barra se deforme uniformemente en todo su volumen, para lo que es necesario que está sea prismática, que el material del que está hecha sea homogéneo y que la carga pase por el centro de la sección transversal. (M. Gere, 2002)

Sin embargo, pocos materiales cumplen con este requisito, tal es el caso de nuestras probetas que, al componerse de la unión de 2 materiales diferentes, mampuestos y mortero, contiene las características de ambos materiales interactuando entre sí, por lo cual es un medio que varía sus propiedades según la dirección en que son examinadas tal es el caso de la transmisión de esfuerzos, al presentarse en el mortero o en la roca del mampuesto.

### 3.3 Resistencia a la compresión

El concepto resistencia a la compresión es la capacidad de un material para resistir una carga de aplastamiento, ejercida perpendicularmente en una unidad de área y se formula en términos de esfuerzo. El esfuerzo es representado en las unidades kilogramo sobre centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), mega-pascales (MPa) y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2016)

En la norma mexicana NMX-C-061-ONNCCE-2001, se define la obtención de la resistencia a la compresión dividiendo la carga máxima ( $P_{\text{máx}}$ ) entre el área transversal del espécimen ( $S$ ). (Diario Oficial de la Federación, 2001)

$$R = \frac{P_{\text{máx}}}{S} \quad (2)$$

Donde:

"P máx" es la carga máxima

"R" es la resistencia a la compresión

"S" es el área de la sección transversal del espécimen

Dentro de la geología la resistencia a compresión fácil o resistencia uniaxial es el más alto esfuerzo que aguanta la piedra sometida a una fuerza, que solo tiene una dirección, la cual es perpendicular al área de la parte transversal de una probeta cilíndrica sin confinar en el laboratorio. En condiciones naturales, la resistencia es dependiente de las características intrínsecas de la piedra, cohesión y ángulo de fricción, y de otros componentes externos como el tamaño de los esfuerzos que se desempeña, los ciclos de carga y descarga o la existencia de agua. Por esto la resistencia no es un valor exclusivo intrínseco de la piedra, y de aquí el interés de conocer su magnitud y sus rangos de alteración para determinadas condiciones de los materiales rocosos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

La magnitud de la fuerza máxima que aguanta la probeta dividida por la zona sobre la que se aplica la fuerza es su resistencia a compresión. En piedras, este parámetro es dependiente, hasta cierto punto, de los siguientes aspectos: la manera y volumen (entre más esbelta menor va a ser su resistencia), el contenido de humedad, la preparación y tallado (la presencia de betas y otros materiales modifican la resistencia), la dirección de aplicación de la carga y la rapidez de carga. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Al superar la resistencia de pico en un cuerpo humano rocoso tienen la posibilidad de exponer 3 comportamientos, frágil, frágil-dúctil y manejable, la conducta frágil involucra una disminución de la resistencia de forma drástica presentando una resistencia residual distinto a la resistencia pico, sin embargo, la conducta moldeable solo se incrementa su deformación sin perder la resistencia presentando de esta forma una resistencia pico de igual costo que la resistencia residual. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

### 3.4 Deformación

Es la propiedad que tiene un material, en este caso las piedras, para modificar su forma al aplicar una fuerza, esto quiere decir que según la intensidad de la fuerza aplicada, la forma en la que se aplica y las características estructurales de la roca, la deformación será permanente o elástica, otro concepto importante es el alargamiento por unidad de longitud o deformación unitaria normal “ $\epsilon$ ”, para explicarla se emplea el mismo concepto de barra prismática, al someter la barra a una carga axial en tensión o compresión “P”, se genera en la misma un incremento o decremento “ $\delta$ ” respectivamente, esto en su longitud inicial “L”, se puede expresar en la fórmula 3: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \tag{3}$$

Cuando dos longitudes no poseen dimensión, no tiene unidades se dice que la deformación es unitaria. (M. Gere, 2002).

### 3.5 Módulo de Elasticidad, Ley de Hooke y Modulo de Young

Como ya hemos expuesto, todo cuerpo se deforma bajo la acción de las fuerzas aplicadas, dependiendo de la intensidad de la fuerza, los cuerpos, en mayor o menor grado, pueden recuperar su forma primitiva, a esta tendencia se le denomina elasticidad. (M. Gere, 2002)

“La ley de Hooke” describe la correspondencia lineal entre el esfuerzo y la deformación unitaria en una barra sometida a compresión simple o tensión y se simboliza con la siguiente formula 4. (M. Gere, 2002)

$$\sigma = E\epsilon \tag{4}$$

La fórmula 4 se utiliza en el campo elástico, donde la deformación es proporcional al esfuerzo, esto se expresa en la siguiente fórmula 5: (M. Gere, 2002)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{5}$$

Donde "E" representa la constante de proporcionalidad, conocida como módulo de Young o módulo de elasticidad, "ε" es la deformación presentada efecto de "σ" que es el esfuerzo. (M. Gere, 2002)

En el libro "Ingeniería Geológica" se describen el concepto de módulo de elasticidad, planteando que, al someter a una roca sin confinar a una fuerza axial, gradualmente, se producirá una deformación axial. En el caso de las rocas el comportamiento elástico se presenta hasta un límite de elasticidad, antes de llegar a dicho punto, la roca puede recuperar la deformación, si se retira la fuerza empleada, aun pasado el límite de elasticidad la roca todavía puede recuperar cierta deformación al retirar la fuerza, depende del tipo de roca. Cabe resaltar que una piedra dura que presenta un comportamiento frágil presenta menor Coeficiente de Poisson y mayor módulo de Young, que una roca blanda con comportamiento condescendiente. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

### **3.6 Velocidad de la aplicación de la Carga**

Es la cantidad de carga que se suministra en un determinado tiempo a un material, la norma NMX-C-128 donde se establece el procedimiento y criterios para obtener el módulo de elasticidad en concreto, contempla otro apartado para mampostería, donde se recomienda emplear un rango de velocidad de 24.4 a 48.8 kPa/s en otras unidades 15.0 a 30 kg/cm/min ó .025 a .049 Mpa/s, la velocidad empleada en la presente investigación fue de 0.49 Mpa/s

### 3.7 Comportamiento de un material en una gráfica esfuerzo-deformación

En el diagrama de esfuerzo deformación del acero estructural sometido a tensión presenta diferentes elementos, la sección del punto "O" al punto "A" presenta un comportamiento lineal donde existe una proporcionalidad entre la deformación y el esfuerzo, el punto "A" es el límite de proporcionalidad, la pendiente que existe en el segmento "O-A" se denomina "módulo de elasticidad" (E) y tiene las mismas unidades que el esfuerzo ya que la deformación como ya dijimos es adimensional, este segmento describe la propiedad de elasticidad ya que el material recupera la deformación al momento de retirar la fuerza aplicada, en el segmento "B-C" se presenta un alargamiento considerable de la probeta con un mínimo cambio en la fuerza de tensión, siendo la región de comportamiento plástico, esto debido a que el material ya no recupera la deformación producto de la fuerza aplicada. (M. Gere, 2002)

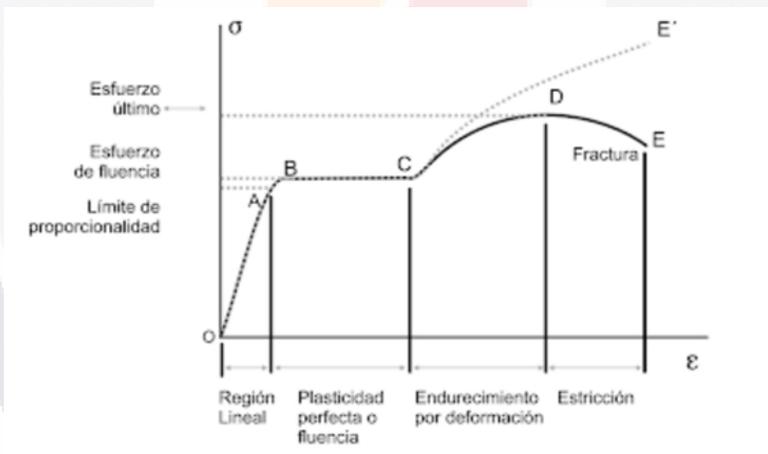


Figura 5 Elementos en una gráfica de esfuerzo-deformación (M. Gere, 2002)

Si el proceso de carga se ve interrumpido y retirado en el punto "B" de la gráfica esfuerzo-deformación, siendo el punto "E" el límite del comportamiento elástico y el inicio del comportamiento plástico, el material continua por la línea "B-C", esta línea de descarga va paralela a la fracción inicial de la curva de carga, al liberar la carga del material se obtendrá una deformación unitaria permanente o deformación unitaria residual que se representa por la línea "O-C", sin embargo el material recupera elásticamente la deformación del segmento "C-D", lo que sería un retorno a su forma original en forma parcial. Si el mismo material volviera a someterse al proceso de carga, la gráfica iniciaría en el punto "C" del diagrama hasta llegar al punto "B" para posteriormente seguir el diagrama original de esfuerzo-deformación hacia el punto "F", este proceso produce que el límite del rango elástico sea diferente al original en el primer ciclo disminuyendo con esto la ductilidad del material. (M. Gere, 2002)

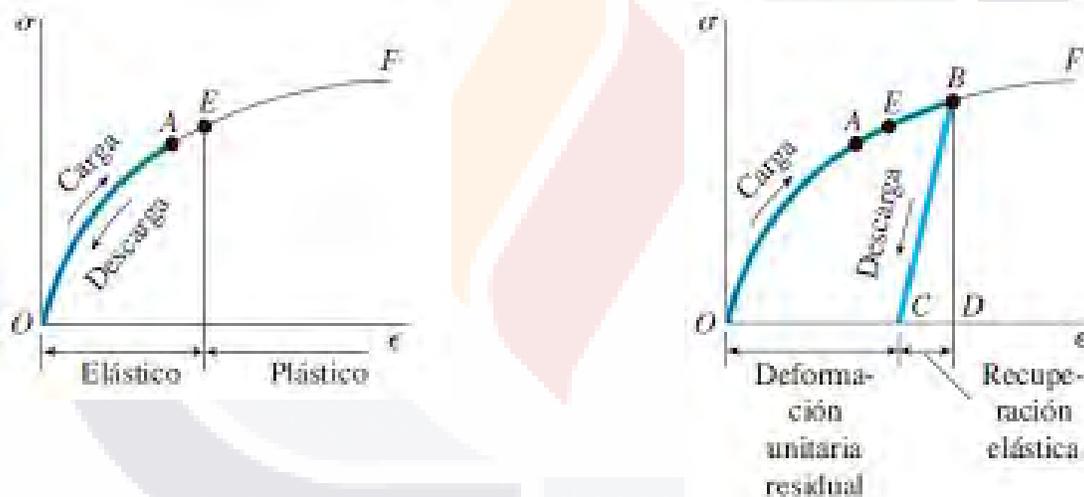


Figura 6 Graficas de esfuerzo-deformación, donde se observa un proceso de carga y descarga implicando el límite elástico (M. Gere, 2002)

Si en el proceso consideramos el tiempo se manifiesta la relajación del material, esto debido a que el material fluye plásticamente bajo una misma carga constante, aunque en ocasiones el cambio es demasiado pequeño para considerarlo. Las curvas esfuerzo-deformación unitaria y las propiedades de los materiales varían de manera considerable incluso en materiales que parecen idénticos, esto puede ser por los procesos de manufactura que lleva cada material, composición química, el clima, defectos internos, entre muchos otros factores que pueden influir. (M. Gere, 2002)

La gráfica esfuerzo deformación explicada anteriormente como ya lo mencioné describe el comportamiento ideal de un material como el acero de refuerzo, la situación cambia cuando se analizan materiales como rocas dúctiles o frágiles, aunque presentan las mismas secciones. En el caso de las rocas el comportamiento elástico se presenta hasta un límite de elasticidad antes de llegar a dicho punto la roca puede recuperar la deformación si se retira la fuerza empleada y aun pasado el límite de elasticidad la roca todavía puede recuperar cierta deformación al retirar la fuerza, depende del tipo de roca. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

### **3.8 Deformímetros**

El deformímetro permite conocer las variaciones en longitud que presenta algún material.

También denominado extensómetro o compresómetro empleado en la campaña experimental es de la marca "CONTROLS", el modelo 55-C022/F, el cual está compuesto por dos elementos, uno fijo y el otro deslizante a lo largo del propio eje del sensor, cuando se conecta a un registrador de datos compatible permite mediciones muy precisas del movimiento del sensor. Cuando se fija a la superficie de una muestra que recibe la carga utilizando las correas ajustables estándar, permite medir la deformación de la muestra. (BUILD & TEST;, 2002).

Cada uno de los dos componentes del deformímetro tienen 2 puntas cónicas de acero endurecido que permiten una buena adherencia a la superficie de la probeta, aunque es necesario asegurar la penetración de dichas puntas en el material por medio de un golpe leve, aparte de ello contienen un surco que permite la correcta colocación de correas elásticas que aplican una ligera presión asegurando una adherencia continua del mecanismo a la probeta, el ajuste de las correas se realiza por medio de un sistema de hebillas, para realizar una medición ideal es necesario colocar el deformímetro paralelo al eje de la probeta.

El sensor cuenta con un sistema de bloqueo que impide el desplazamiento del elemento deslizante, el sistema se activa con una perilla en posición horizontal y se libera en posición vertical, el recorrido de registro del sensor es de 3 mm aunque una vez instalado y liberado el sensor queda a la mitad del recorrido de tal forma que puede registrar 1.5mm ya sea de contracción o dilatación, el proceso de liberación del bloqueo se realiza una vez que la probeta se encuentre en la prensa universal centrada y lista para su prueba.



Figura 7 Deformímetros digitales instalados, autoría propia.

### 3.9 Prensa universal

La prensa universal es una maquina hidráulica que somete ya sea a compresión o a tensión cualquier tipo de material, con la finalidad de conocer sus características mecánicas, como son: resistencia a la compresión ó módulo de elasticidad.

La prensa universal empleada para esta investigación es de la marca "CONTROLS" su modelo es 70-S12U02, se compone principalmente de tres elementos; un bastidor que consta de una estructura muy rígida con montaje de cilindro de doble acción destinado a conectarse a una consola de control y alimentación AUTOMAX-E operada con el software SW/UTM, la fuerza es proporcionada por un motor hidráulico con flujo preciso hidráulico controlado por la consola, lo que permite ciclos de prueba de manera automatizada con retroalimentación digital de circuito cerrado su diseño fue idealizado para realizar pruebas en cilindros de concreto y varillas de acero. Esta investigación estudia probetas de mampostería de piedra unidas con mortero de cal. (BUILD & TEST;, 2002).

Como lo especifica la norma el bastidor cuenta con un conjunto de platina inferior que puede ajustar el espacio libre vertical empleando piezas de distancia fabricadas en acero considerando el tamaño de la muestra junto con el recorrido máximo del pistón de 150 mm y platina superior con asiento esférico, que permite el ajuste en la aplicación de la fuerza. (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C., 2014).



Figura 8 Prensa universal de la marca CONTROLS modelo 70-S12Z00, autoría propia.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

## 4. METODOLOGÍA

En el libro mecánica de materiales el autor James M Gere describe que "la única manera de establecer el comportamiento de los materiales cuando están sometidos a cargas es llevar a cabo experimentos en el laboratorio" (M. Gere, 2002); como se explica en el estado del arte existen diversas investigaciones que emplean distintos procesos para realizar este análisis, desde colocar medidores en la misma mampostería a analizar hasta hacer réplicas de la misma, con la finalidad de someterla a pruebas.

En este capítulo se describe con amplitud las características de las probetas a emplear como tamaño, medidas y materiales. El procedimiento habitual es colocar pequeñas probetas de algún material, en este caso las probetas a analizar serían de mampostería de piedra unida con mortero de cal, de las que se obtendrá el módulo de elasticidad en la prensa universal al aplicar cargas y medir las deformaciones resultantes, este procedimiento es empleado comúnmente para determinar características del concreto con moldes, maquinaria y dimensiones ya establecidas para este material.

### 4.1 Normatividad

Las normas mexicanas para el concreto en las que se basa esta metodología son las siguientes:

NMX-C-083-ONNCCE-2002 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONCRETO – DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO – MÉTODO DE PRUEBA",

NMX-C-128-1997-ONNCCE "INDUSTRIA DE LA CONTRUCCIÓN – CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN – DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON" y

NMX-C486-ONNCCE2014 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN- MAMPOSTERIA-MORTERO PARA USO ESTRUCTURAL-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO".

## 4.2 Definición de probetas

En un inicio se consideró la idea de fabricar probetas cilíndricas de mampostería, pero se optó por realizar dichas probetas con forma de prisma cuadrangular lo que facilita el proceso extracción de los mampuestos junto con la fabricación del mampuesto en probetas. Al considerar la fabricación de probetas cilíndricas se planteó realizar ensayos de tracción indirecta o brasileño, este proceso involucra medir la resistencia a tracción uniaxial de una probeta de roca indirectamente colocando la probeta cilíndrica de manera horizontal y sometiénola a una fuerza puntual a lo largo de su longitud, el principal problema fue la extracción de los mampuestos de las rocas no labradas, para después toparnos con la posibilidad de una irregularidad que no permitiera realizar de manera correcta el proceso ya que no tendría una superficie perfectamente plana como con el cilindro de concreto. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

### 4.2.1 Medidas

Al momento de determinar las medidas de las probetas, la norma NMX-C-083-ONNCCE-2002 establece una relación ancho-alto igual a 1-2, representando de manera óptima el comportamiento del concreto, aunque el concreto es un medio relativamente homogéneo y la mampostería es un medio heterogéneo. Obviando la diferencia entre materiales, se optó por esta mecánica ya que es útil en la producción de especímenes aparte de facilitar la determinación del módulo de elasticidad en los aparatos existentes diseñados para el concreto.

De entre las opciones presentes en las normas existen las relaciones diámetro-alto de 6"-12", 4"-8" y 3"-6", de las cuales se optó por las medidas de 10 cm-20 cm que son muy similares a las medidas de 4"-8", para facilitar los procesos de producción, además de promover la velocidad de carbonatación del mortero al tener menor área de unión en las caras de los mampuestos facilita el acceso del dióxido de carbono al centro de la probeta.

### 4.2.2 Variables

Tabla 2 Variables presentes en la elaboración de probetas, autoría propia.

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Ítems	Relación entre variables	Tipo de variable
Densidad	La densidad de cada probeta permite conocer la cantidad de masa que existe en la probeta	kg/m <sup>3</sup>	Y1	Dependiente	cuantitativa continua simple
Resistencia a la compresión	Característica mecánica que permite conocer la capacidad para soportar una carga por unidad de área	Mpa	Y2	Dependiente	cuantitativa continua simple
Módulo de Elasticidad	Es la pendiente de la gráfica esfuerzo-deformación que permite conocer el comportamiento de un material	Mpa	Y3	Dependiente	cuantitativa continua simple
Espesor de junta	Característica física de la mampostería que tiene influencia en el comportamiento mecánico de la misma	cm	X1	Independiente	cuantitativa discreta simple
Tipo de piedra	Componente de la mampostería que transfiere sus características mecánicas a la misma	Tipo de piedra	X2	Independiente	cualitativa politémica nominal simple
Tipo de sillar	Arreglo de mampuestos y mortero que tiene influencia en el comportamiento mecánico de la mampostería	Tipo de sillar	X3	Independiente	cualitativa politémica nominal simple

### 4.2.3 Configuración

Se elaboraron 3 probetas de cada combinación con la finalidad de obtener la resistencia máxima y con las otras 2 observar el módulo de elasticidad permitiendo tener más certeza con un promedio de 2 resultados, de forma similar a como lo determina la norma NMX-C-128-1997-ONNCCE en la obtención del módulo de elasticidad.

Para la construcción de las probetas, inicialmente se consideró la realización de probetas cilíndricas idénticas en forma y dimensiones a las probetas de concreto, esto con la finalidad de emplear las normas ya existentes para este material, pero al considerar las dificultades para la obtención de los mampuestos de roca, se optó por probetas con forma de prismas cuadrangulares, por lo que se presenta la necesidad de realizar dos tipos de mampuestos denominados "α" y "β", los cuales se representan gráficamente en la figura "x", los cuales varían dependiendo del espesor de la junta de mortero.

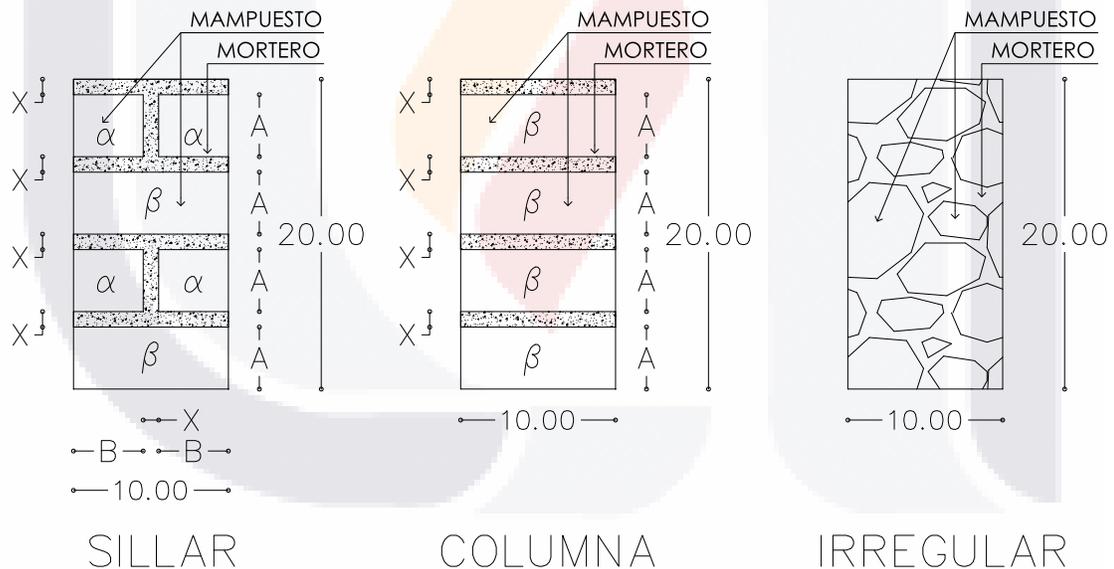


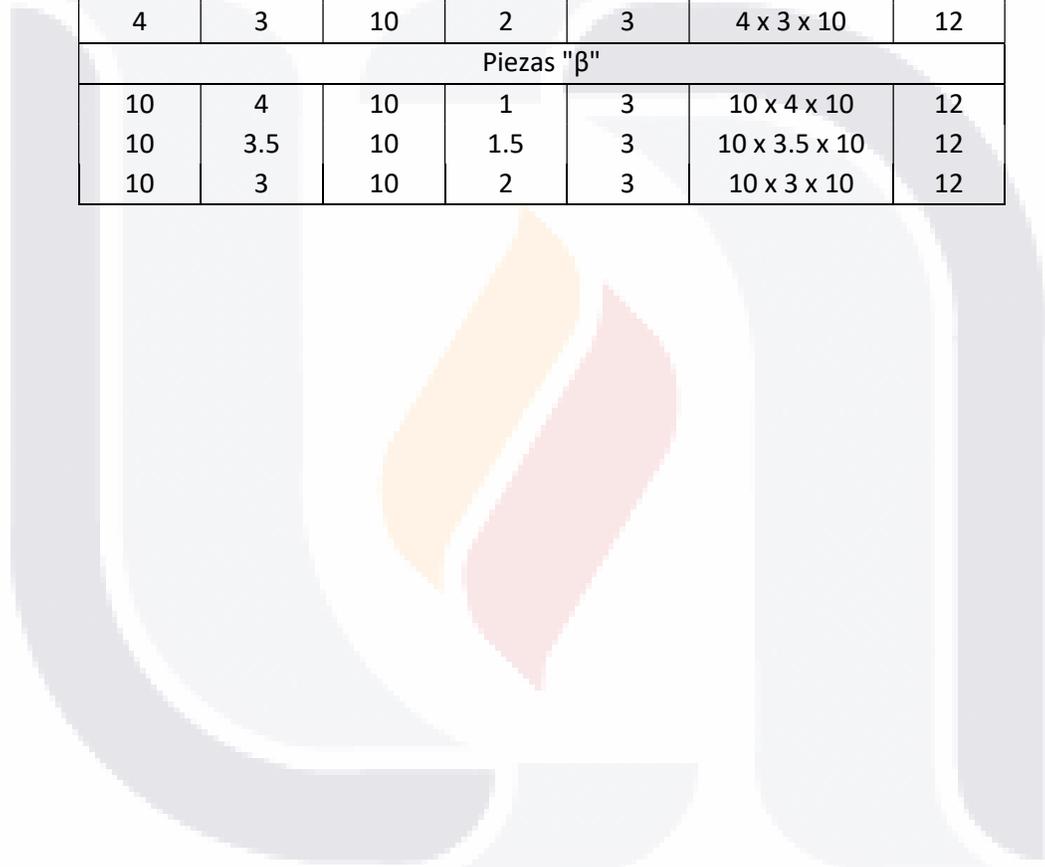
Figura 9 Configuración Probetas, autoría propia.

El empleo de estos aparejos se justifica por la existencia de los mismos en las mamposterías presentes en las iglesias, la columna se presenta en los vértices de las mismas, el sillar en algunos muros y el irregular es el más empleado.

Apoyado en las variables establecidas en la imagen X, se exponen las diferentes cantidades y medidas con las que se cortaron los mampuestos “ $\alpha$ ” y “ $\beta$ ”, establecidos en las tablas “3”.

Tabla 3 Dimensiones de mampuestos, autoría propia.

Ancho "B" (cm)	Alto "A" (cm)	Largo (cm)	Junta "X" (cm)	No. Probeta	Dimensión Probeta (cm)	No. Piezas
Piezas " $\alpha$ "						
4.5	4	10	1	3	4.5 x 4 x 10	12
4.25	3.5	10	1.5	3	4.25 x 3.5 x 10	12
4	3	10	2	3	4 x 3 x 10	12
Piezas " $\beta$ "						
10	4	10	1	3	10 x 4 x 10	12
10	3.5	10	1.5	3	10 x 3.5 x 10	12
10	3	10	2	3	10 x 3 x 10	12



#### 4.2.4 Nomenclatura probetas regulares

La nomenclatura se compone por 4 elementos, comenzando con el tipo de material empleado para su elaboración siendo solo dos tipos, riolita "R" y cantera hermosa "H", seguido del tipo de aparejo empleado los cuales también son 2 tipos, columna "C" y sillar "S", posteriormente el espesor de junta en centímetros, dichos espesores son 1.00 cm "1.0", 1.50 cm "1.5" y 2.00 cm "2.0", finalmente se presenta el número de probeta ya que por cada combinación posible entre las anteriores variables se fabricarán 3 muestras representadas por "1", "2" y "3", lo descrito anteriormente se describe en la siguiente figura.

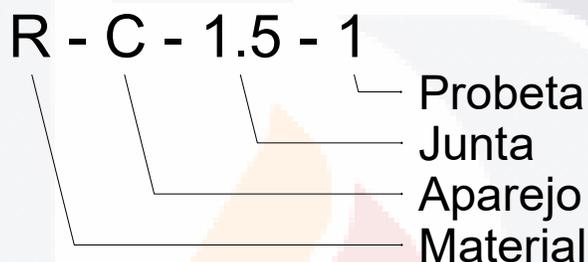


Figura 10 Elementos presentes en la nomenclatura de probetas regulares, autoría propia.

La obtención de las nomenclaturas se observa en las siguientes tablas, iniciando la combinación entre material y aparejo, se observa en la tabla "4".

Tabla 4 Combinación de tipo de material con tipo de aparejo, autoría propia.

Material - Aparejo	Columna (C)	Sillar (S)
Riolita (R)	R - C	R - S
Cantera Hermosa (C)	C - C	C - S

Posteriormente se vuelve a realizar el proceso, pero ahora de la combinación anterior con el espesor de junta obteniendo la tabla "5".

Tabla 5 Combinación de tipo de material con tipo de aparejo con espesor de junta, autoría propia.

Material - Aparejo - Junta	Espesor de 1.00 cm (1.0)	Espesor de 1.50 cm (1.5)	Espesor de 2.00 cm (2.0)
R - C	R - C - 1.0	R - C - 1.5	R - C - 2.0
R - S	R - S - 1.0	R - S - 1.5	R - S - 2.0
C - C	C - C - 1.0	C - C - 1.5	C - C - 2.0
C - S	C - S - 1.0	C - S - 1.5	C - S - 2.0

Obteniendo finalmente 36 combinaciones donde se registran el tipo de material, el tipo de aparejo, el espesor de junta y el número de probeta, como se observa en la tabla “6”

Tabla 6 Combinación de tipo de material con tipo de aparejo con espesor de junta con numero de probeta, autoría propia.

Material - Aparejo - Junta - Probeta	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
R - C - 1.0	R - C - 1.0 - 1	R - C - 1.0 - 2	R - C - 1.0 - 3
R - C - 1.5	R - C - 1.5 - 1	R - C - 1.5 - 2	R - C - 1.5 - 3
R - C - 2.0	R - C - 2.0 - 1	R - C - 2.0 - 2	R - C - 2.0 - 3
R - S - 1.0	R - S - 1.0 - 1	R - S - 1.0 - 2	R - S - 1.0 - 3
R - S - 1.5	R - S - 1.5 - 1	R - S - 1.5 - 2	R - S - 1.5 - 3
R - S - 2.0	R - S - 2.0 - 1	R - S - 2.0 - 2	R - S - 2.0 - 3
C - C - 1.0	C - C - 1.0 - 1	C - C - 1.0 - 2	C - C - 1.0 - 3
C - C - 1.5	C - C - 1.5 - 1	C - C - 1.5 - 2	C - C - 1.5 - 3
C - C - 2.0	C - C - 2.0 - 1	C - C - 2.0 - 2	C - C - 2.0 - 3
C - S - 1.0	C - S - 1.0 - 1	C - S - 1.0 - 2	C - S - 1.0 - 3
C - S - 1.5	C - S - 1.5 - 1	C - S - 1.5 - 2	C - S - 1.5 - 3
C - S - 2.0	C - S - 2.0 - 1	C - S - 2.0 - 2	C - S - 2.0 - 3

#### 4.2.5 Configuración probetas irregulares

La nomenclatura de estas probetas es más sencilla que la anterior puesto que solo se compone de dos elementos, para distinguir el tipo de material emplee “R” para riolita así como “C” para cantera hermosa, el segundo elemento es el número de probeta ya que existen 17 diferentes probetas de cada material.

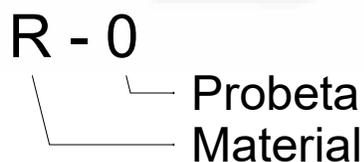


Figura 11 Elementos presentes en la nomenclatura de probetas irregulares, autoría propia.

Las nomenclaturas obtenidas se observan en la siguiente tabla donde se combina el material con la probeta, dando como resultado la representación de las 34 probetas, 17 de cantera hermosa y 17 de riolita.

Tabla 7 Combinación de tipo de material con numero de probeta, autoría propia.

Material - Probeta	Riolita (R)	Cantera Hermosa (C)
0	R - 0	C - 0
1	R - 1	C - 1
2	R - 2	C - 2
3	R - 3	C - 3
4	R - 4	C - 4
5	R - 5	C - 5
6	R - 6	C - 6
7	R - 7	C - 7
8	R - 8	C - 8
9	R - 9	C - 9
10	R - 10	C - 10
11	R - 11	C - 11
12	R - 12	C - 12
13	R - 13	C - 13
14	R - 14	C - 14
15	R - 15	C - 15
16	R - 16	C - 16
17	R - 17	C - 17

## 4.3 Elaboración de probetas

### 4.3.1 Moldes

El proceso de la campaña experimental inicia al definir las medidas y variables de las probetas, teniendo en cuenta promover las características planteadas en las probetas, se elaboraron 6 moldes que permitieron la construcción con las medidas definidas de las probetas, conteniendo el mortero a la vez que permitiesen observar el espesor de la junta al momento de su construcción. Los moldes fabricados constan de; una base que proporciona la facilidad de movilidad de las probetas y sujeción de las paredes, dos paredes de madera que permiten dar fortaleza al molde, dos paredes de vinil transparente para poder observar los espesores de junta obtenidos en la probeta, y para unir las 2 paredes de madera con las 2 de acrílico se emplearon tornillos, como se observa en la siguiente figura



Figura 12 Moldes fabricados para la elaboración de las probetas, autoría propia.

### 4.3.2 Mampuestos

En la elaboración de los mampuestos se emplearon rocas aproximadamente de 50cm de ancho con el apoyo de marro, cincel y una cortadora de roca con un disco de 16" que realiza un corte de 15cm aproximadamente y al tiempo que corta suministra agua al corte evitando así el calentamiento del disco y la producción de polvo, es relevante conocer que la riolita al ser más resistente y dura fue más complicado la producción exacta de los mampuestos por lo que fueron más irregulares en sus dimensiones que los realizados con cantera hermosa ya que es más fácil su labrado, obteniendo al final la cantidad necesaria de mampuestos con las dimensiones que definen las variables establecidas, como se observa en la siguiente imagen.



Figura 13 Mampuestos cortados para las probetas, autoría propia.

### 4.3.3 Arena

Se lavó la arena para una vez seca obtener su granulometría con la finalidad de conocer los componentes en el mortero de la mampostería, registrando los resultados y procesándolos con base en la norma M-MMP-1-06/03 la cual es empleada para determinar la "granulometría de materiales compactables para terracerías", obteniendo una tabla con los datos, una gráfica de granulometría y algunos cálculos que permiten describir la arena.

Tabla 8 Tabla de granulometría de arena, autoría propia.

<b>ARENA</b>					
<b>MALLA N°</b>	<b>ABERTURA</b>	<b>PESO RETENIDO</b>	<b>% RETENIDO PARCIAL</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>
	<b>mm</b>	<b>gramos</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
3/8"	9.52	0	0	0	100.00
4	4.75	2.5	0.10	0.10	99.90
8	2.36	594	23.27	23.36	76.64
16	1.18	667.5	26.14	49.51	50.49
30	0.6	644.5	25.24	74.75	25.25
50	0.3	428.3	16.78	91.53	8.47
100	0.15	164	6.42	97.95	2.05
Charola		52.3	2.05		100.00
	<b>TOTAL</b>	2553.1	100		
			<b>M.F.</b>	<b>3.37</b>	

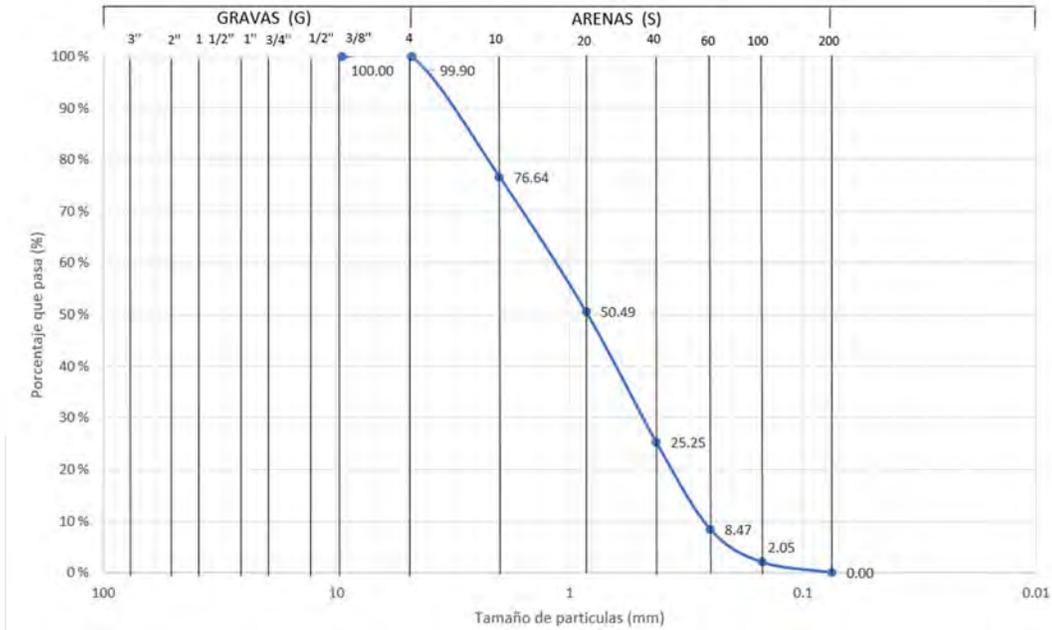


Figura 15 Gráfica de granulometría de arena, autoría propia.



Figura 14 Arena ordenada por granulometría, autoría propia.

$$D_{10} = 0.26$$

$$D_{30} = 0.49$$

$$D_{60} = 1.1$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.10}{0.26} = 4.23 < 6 \tag{6}$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.2401}{0.2860} = 0.84 < 1 \tag{7}$$

Con base en la norma N-MMP-1-02/03 empleada para la clasificación de fragmentos de roca y suelos y los cálculos presentes en las fórmulas 6 y 7, se describe el suelo como arena mal graduada y con poco o nada de finos (SP).

#### 4.3.4 Mortero

Para el mortero, se elige solamente una combinación de cal hidratada con arena de río lavada, aunque proporciona resistencias a la compresión menores a los de la arena triturada, el objetivo es emplear materiales similares a los empleados en edificios con status de patrimonio cultural. Empleando una proporción de 1-2 de Cal-Arena, aunque proporciona menores resistencias a la compresión comparada con la proporción de 1-1, basado en la tesis "Caracterización Mecánica de Agregados Pétreos en Mortero de Cal" (De Loera Aguilera, 2018), se toma esta proporción debido a su trabajabilidad, ya que al tener más cantidad de cal tarda más su endurecimiento, dificultando el proceso de elaboración de las probetas.

Al elaborar el mortero se conservó la misma fluencia en el mortero en todas las muestras, esto con el empleo de la mesa de impacto lo que permitió asegurar de manera indirecta el contenido de agua en la mezcla, el proceso descrito en la norma NMX-C486-ONNCCE2014, consiste en verter el mortero dentro de un depósito cónico hasta llenarlo y una vez enrazado se retira para posteriormente realizar 25 golpeteos mecánicos a la mesa de fluidez con una velocidad de 1 por segundo buscando obtener un diámetro entre un 105 a 130% de su diámetro original, en la siguiente imagen se observa el proceso.



Figura 16 Uso de la mesa de impacto, autoría propia.

#### 4.3.5 Probetas (fabricación, almacenamiento y medición)

Una vez que se contaba con: los moldes de madera con acrílico previamente engrasados en su interior para facilitar el desmolde, todos los mampuestos requeridos cortados a medida, y la arena de río lavada graduada lista para la mezcla, se procedió a la fabricación de probetas promoviendo 3 diferentes tipos de espesores de junta, 2 tipos diferentes de piedra en los mampuestos, dos tipos diferentes de aparejo, dimensiones específicas para tener una uniformidad en las probetas.



Figura 17 Fabricación de probetas, autoría propia.

E laboradas las probetas se dejaron en reposo y sin alteración durante 4 meses con la finalidad de obtener un fraguado representativo en el mortero este lapso se tomó como referencia de la tesis del ingeniero Antonio de Loera, en un lugar sin contacto con el sol ni con la lluvia del exterior, lo que permite propiciar un ambiente hasta cierto punto constante para propiciar variantes que afecte el comportamiento elástico de las probetas. (De Loera Aguilera, 2018)



Figura 18 Almacenamiento de probetas, autoría propia.

Con la finalidad de conocer por medio de más información las características de las probetas, se pesó cada una empleando una báscula con una precisión de 100 miligramos, se midió cada una con una regla con precisión de 1mm registrando 4 anchos por cara y 4 alturas por probeta, dichas medidas fueron registradas con la finalidad de obtener el área de la probeta y el volumen, junto con el peso que permite llegar a conocer una aproximación de la densidad de cada elemento.



Figura 19 Pesado y medido de probetas, autoría propia.

#### 4.3.6 Procedimiento de prueba

Una vez pasado el tiempo de fraguado, y contando con las características de cada probeta registradas, se desarrolla en la prensa universal, al obtener la resistencia a la compresión de una parte representativa de los diferentes conjuntos de probetas.



Figura 20 Obtención de la resistencia a la compresión, autoría propia.

Posteriormente teniendo definidas la resistencia a la compresión por conjunto, se procedió a obtener el módulo de elasticidad que consistió en llenar los datos de la probeta (área de la probeta, definir ciclos de carga) en el programa computacional que controla la prueba, se colocaron dos deformímetros en cada eje de la probeta buscando que estén los más verticales posible, también se aseguró la sujeción de las anclas en el mampuesto con ligas que vienen incluidas con los deformímetros que permiten el anclaje de los mismos gracias a unas puntas cónicas de acero, también fue necesario corroborar con ligeros golpes a los deformímetros dicha sujeción, una vez fueron colocados correctamente lo deformímetros se procedió a colocar la probeta en la prensa, asegurando que estuviese bien centrada para su prueba, fue

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

necesario conectar los deformímetros a la computadora por medio de cables para la transmisión de datos.

El deformímetro al momento de liberar el seguro de sujeción debido a su funcionamiento desprende los mampuestos de la probeta por lo que se decidió iniciar el ciclo de prueba con un 5% de la carga máxima asegurando el contacto de la prensa con la misma, ya con esa carga se liberaron los seguros de los deformímetros para su correcto funcionamiento acto seguido se desarrollaron 6 ciclos de carga, 3 del 10% al 15% y otros 3 del 10% al 60% de la carga máxima, estos ciclos se fundamentan en la norma NMX-C-128-1997.

La Norma NMX-C-128-1997 define ciclos de carga que permiten solventar la necesidad de asegurar el buen funcionamiento de los micrómetros por medio de someter la probeta a un ciclo del 10% al 15% del esfuerzo máximo y una vez conseguido esto, se vuelve a someter la probeta a otro ciclo ahora del 10% al 60% del esfuerzo máximo, la razón de llegar hasta el 60% es para retirar los micrómetros debido a que pueden salir dañados en el proceso.

En cuanto al proceso, una vez terminados los 6 ciclos mencionados se regresó a una carga de 5% de la carga máxima para volver a activar los seguros de los deformímetros ya que de no activarlos esto separarían los mampuestos y no se podría someter la probeta al siguiente paso, siendo necesario retirar los cables de los deformímetros, la probeta de la prensa universal y los deformímetros de la probeta, acto seguido se guardan los resultados de la prueba que consisten en una hoja resumen de la probeta y dos gráficas donde se observa el tiempo, la carga y la deformación presente en la prueba.

Una vez terminados los pasos anteriores se volvió a probar la probeta para obtener la resistencia máxima a la compresión conforme a la NMX-C-083.



Figura 21 Probeta sobre la prensa universal con deformímetros instalados, autoría propia.

Finalmente, de manera correlacional se analizarán los datos buscando encontrar las variables que intervienen en el módulo de elasticidad.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



CAPÍTULO

V

RESULTADOS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Probetas regulares

Tabla 9 Tabla de resultados de probetas regulares, autoría propia.

Clave	Curado (días)	Peso (kg)	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	E1 (Mpa)	E2 (Mpa)	E (Mpa)	f'c (Mpa)
C-C-1.0-1	252	3.539	1939.26	1824.93	95	100	97.5	9.55
C-C-1.0-2	189	3.585	1991.72	1799.96				9.92
C-C-1.0-3	251	3.461	1949.60	1775.23	118.59	118.31	118.45	12.70
C-C-1.5-1	246	3.405	1939.91	1755.23	116.73	115.60	116.17	7.53
C-C-1.5-2	246	3.579	1944.79	1840.30	103.79	102.75	103.27	7.76
C-C-1.5-3	244	3.455	1944.58	1776.74				13.15
C-C-2.0-1	194	3.652	1934.82	1887.52	64.11	65.31	64.71	3.35
C-C-2.0-2	193	3.406	1952.19	1744.71	65.13	64.10	64.62	4.35
C-C-2.0-3	188	3.426	1929.33	1775.75				4.20
C-S-1.0-1	140	3.573	1959.87	1823.08	120.08	118.73	119.41	9.56
C-S-1.0-2	252	3.514	1962.15	1790.89	136.67	138.58	137.63	10.39
C-S-1.0-3	189	3.452	1943.98	1775.74				10.92
C-S-1.5-1	253	3.437	1967.39	1746.98	88.89	86.95	87.92	6.84
C-S-1.5-2	251	3.353	1928.62	1738.55				6.66
C-S-1.5-3	246	3.316	1939.53	1709.69	111.54	109.16	110.35	8.19
C-S-2.0-1	240	3.342	1919.68	1740.91				4.11
C-S-2.0-2	244	3.456	1944.76	1777.08	81.19	80.51	80.85	5.49
C-S-2.0-3	244	3.516	1947.40	1805.48	71.81	69.61	70.71	4.49
R-C-1.0-1	190	3.83	1969.74	1944.42				9.55
R-C-1.0-2	244	3.812	1967.28	1937.70	149.58	149.21	149.40	9.92
R-C-1.0-3	245	3.762	1957.17	1922.16	147.17	146.79	146.98	12.70
R-C-1.5-1	234	3.844	1939.63	1981.82	111.49	111.84	111.67	7.53
R-C-1.5-2	234	3.826	1957.60	1954.43	121.67	120.59	121.13	7.76
R-C-1.5-3	233	3.872	1987.04	1948.63				13.15
R-C-2.0-1	229	3.464	1903.44	1819.87				3.35
R-C-2.0-2	248	3.689	1961.95	1880.27	76.90	75.28	76.09	4.35
R-C-2.0-3	242	3.735	1937.74	1927.50	106.75	104.16	105.46	4.20
R-S-1.0-1	189	3.747	1969.59	1902.43	154.82	151.17	153.00	9.56
R-S-1.0-2	251	3.853	1969.96	1955.88	161.89	160.69	161.29	10.39
R-S-1.0-3	253	3.694	1954.88	1889.63				10.92
R-S-1.5-1	189	3.872	1949.88	1985.76				6.84
R-S-1.5-2	256	3.712	1954.85	1898.86	105.53	105.01	105.27	6.66
R-S-1.5-3	253	3.682	1942.07	1895.92	114.45	114.72	114.59	8.19
R-S-2.0-1	240	3.507	1923.97	1822.79				4.11
R-S-2.0-2	246	3.64	1974.73	1843.29	74.74	73.84	74.29	5.49
R-S-2.0-3	196	3.622	1945.01	1862.20	82.41	81.83	82.12	4.49

## 5.2 Probetas de roca

Para analizar el comportamiento particular de los mampuestos se realizaron probetas con forma de prisma cuadrangular con dimensiones similares a las de la probeta de 10cm de base por 20cm de alto, de las cuales se labraron 3 de cantera hermosa junto con 3 de rolita.

El proceso fue similar al realizado con las probetas de piedra con mortero de cal, al tener que buscar la resistencia máxima a la compresión con una de las probetas de cada piedra, para posteriormente con el dato de la resistencia a la compresión definir los ciclos de carga con los que fueron evaluadas las probetas restantes, los resultados obtenidos se registran en la siguiente tabla 10.

Tabla 10 Tabla de resultados de probetas de roca, autoría propia.

Clave	Peso (kg)	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	E1 (Mpa)	E2 (Mpa)	E (Mpa)	f'c (Mpa)
PR-1	3.948	1906.32	2071.01	328.23	329.46	328.85	36.23
PR-2	4.107	2032.375	2020.79	493.25	491.64	492.45	53.48
PR-3	3.948	1950.048	2024.57				50.29
PC-1	3.468	1944.156	1783.81	230.65	228.65	229.65	25.97
PC-2	3.328	1963.495	1694.94	259.28	259.81	259.55	22.66
PC-3	3.253	1954.987	1663.95				24.46

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



CAPÍTULO

VI

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Análisis esfuerzo-deformación

El comportamiento de la gráfica esfuerzo-deformación de las probetas es principalmente elástico al observarse una relación lineal que se da entre el esfuerzo ejercido y la deformación obtenida y al momento de recuperar la deformación a medida que se retira la carga, sin embargo, presenta reacomodos en cada ciclo realizado, ya que la deformación no se recupera en su totalidad.

Para hablar de las pendientes presentes en la gráfica esfuerzo-deformación, es necesario describir el proceso empleado de carga, ya que el comportamiento se ve definido por las cargas ejercidas, las velocidades de carga y la duración de las mismas.

El principal requisito para la deformación de la barra se considere uniforme en todo su volumen, esto a su vez requiere que la sección sea la misma en toda la longitud de la barra, que las cargas pasen por los centroides en las secciones transversales y que el material sea homogéneo. Aquí es donde se presentan diferencias con las probetas fabricadas y analizadas puesto que a pesar de buscar producir probetas con la misma sección en toda su longitud, esto a través del empleo de moldes, existen algunas diferencias algo despreciables en las secciones, también es claro que la probeta no es homogénea ya que se compone de mampuestos de roca y juntas de mortero, sin embargo se puede emplear este análisis para poder predecir el comportamiento de las mamposterías con los mismos materiales aunque por definición serían inexactas a diferencia de materiales más homogéneos y con secciones perfectamente prismáticas. (M. Gere, 2002)

Es evidente que en las probetas de mampostería el primer elemento en fallar es el mortero de las juntas, esta afirmación se confirma con base en la tesis de Antonio de Loera donde se registra que las resistencias a la compresión del mortero de cal con arena de río lavada y fraguada durante 3 a 4 meses oscila entre 5.22-13.26 kg/cm<sup>2</sup> que serían 0.51-1.3 Mpa, dichos valores son considerablemente menores que la resistencia a la compresión de los mampuestos tanto de la cantera hermosa con valores entre; 231.07-264.82 kg/cm<sup>2</sup> que serían 22.66-25.97 Mpa, o como la riolita con valores entre; 369.44-545.34 kg/cm<sup>2</sup> que serían 25.97-53.48 Mpa. (De Loera Aguilera, 2018).

La diferencia de resistencias explica que el primer material en ceder y tener un reacomodo es el mortero en las juntas, esto se observa claramente en el comportamiento de la gráfica esfuerzo-deformación ya que se presenta una deformación plástica que no se recuperara entre los ciclos 10%-15% y 15%-60%, aunque una vez que el mortero se reacomoda se observa una cierta recuperación de la deformación en el ciclo, siendo la pendiente es este último ciclo 15%-60% la empleada para definir el valor del módulo de elasticidad de la probeta de mampostería donde se encuentran trabajando en conjunto tanto la piedra y el mortero.

El reacomodo se observa perfectamente en las gráficas de la figura 22, la pendiente P2 presenta una deformación plástica del mortero, está pendiente se observa cuando la carga aumenta del 15% al 60% de la resistencia de carga máxima establecida, después al retornar el ciclo del 60% al 15% se presenta una segunda pendiente P3, similar a la pendiente P1 presente en el ciclo del 10% al 15% de la carga, las pendientes P1 Y P3 describen un comportamiento elástico no ideal ya que recuperan la deformación pero no en su totalidad.

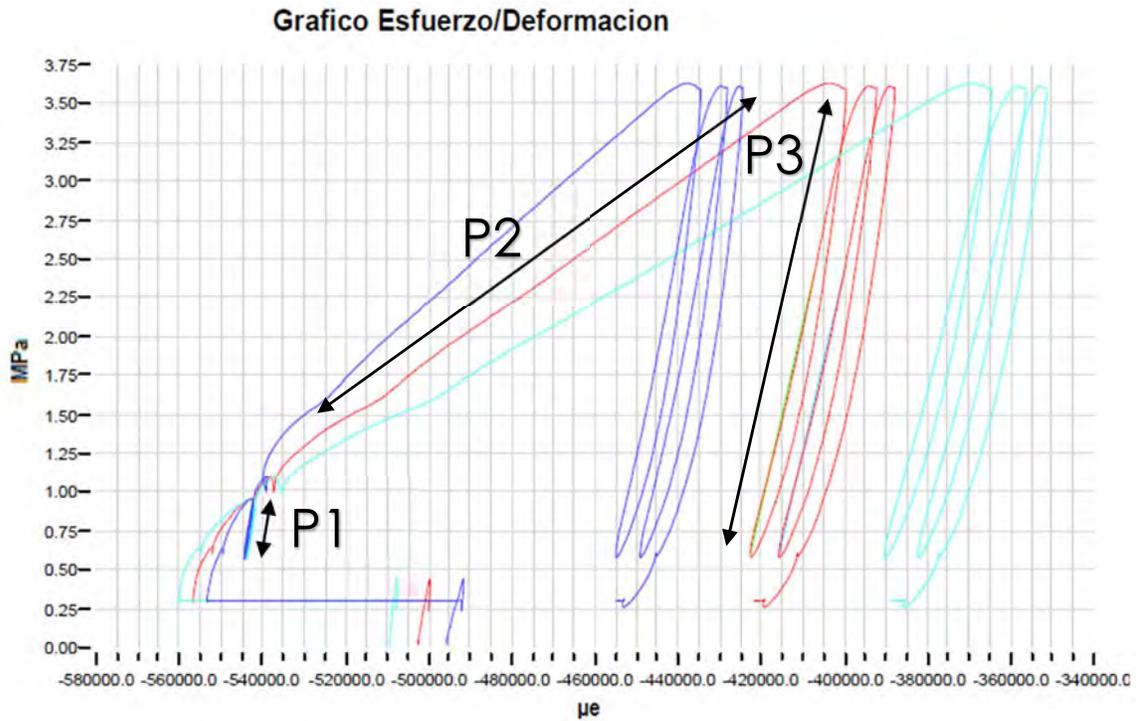


Figura 22 grafica esfuerzo deformación correspondiente a la probeta C-C-1.5-1 (primera probeta de cantera con sillar tipo columna y espesor de 1.5 cm de espesor), autoría propia.

La norma NMX-C-128-1997-ONNCCEE establece los lineamientos para determinar el módulo de elasticidad estático junto con la relación de poisson, esto para concretos y para mamposterías, en la cual define que para obtener el módulo de elasticidad es necesario conocer dos puntos en la gráfica esfuerzo-deformación, el primero se presenta en el momento en el que se registra el .00005 de la deformación unitaria, y el segundo punto se presenta cuando se ha aplicado el 40% de la carga máxima, una vez teniendo los dos puntos bien ubicados se puede determinar el módulo de elasticidad.

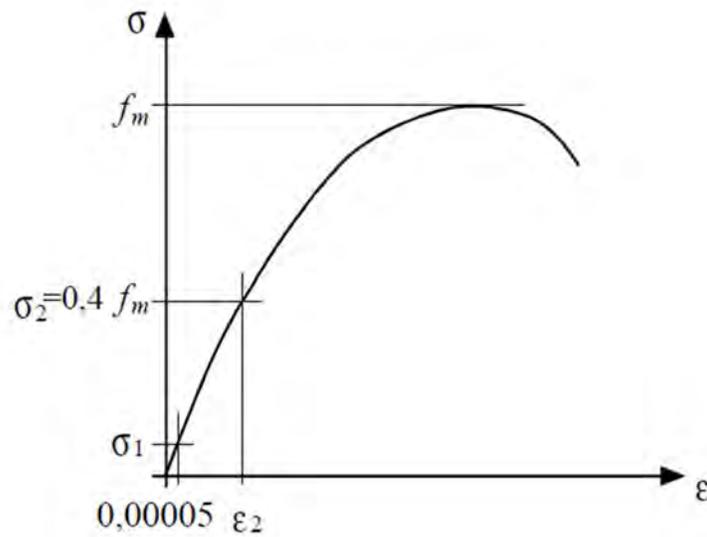


Figura 23 Determinación del módulo de elasticidad de la mampostería en la gráfica esfuerzo-deformación. (extraído de la NMX-C-128)

En estas pruebas debido al acomodamiento del mortero dentro de la probeta se tomó la decisión de considerar la pendiente P3 como el valor del módulo de elasticidad de la probeta, considerando las deformaciones presentes al 15% y al 40% de la carga ejercida.

La gráfica esfuerzo-deformación de las probetas compuestas solo por la piedra, la cual fue empleada en los mampuestos, presento un comportamiento lineal ó elástico ideal en toda la prueba como se observa en la siguiente imagen, a diferencia de la probeta de mampostería que presento un reacomodo.

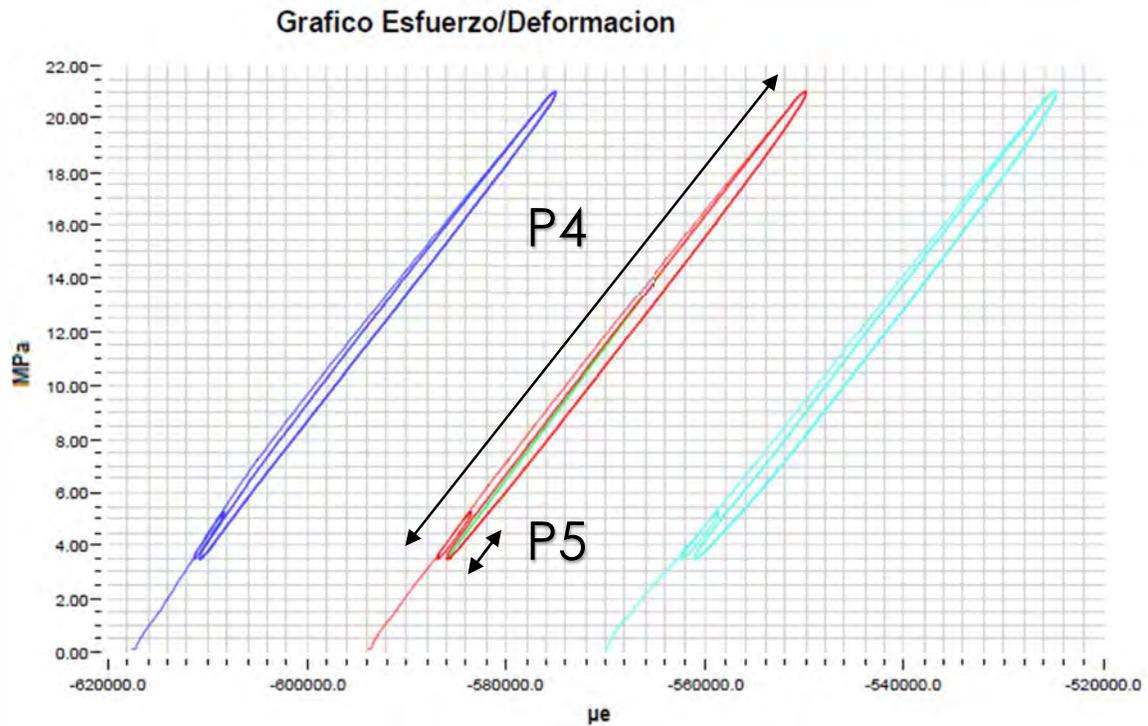


Figura 24 grafica esfuerzo deformación corresponde a la probeta PR-2 (segunda probeta de riolita), autoría propia.

## 6.2 Observaciones de la Campaña Experimental

- a) El mortero de las juntas empezó a caer entre los 5 Mpa hasta los 7 Mpa
- b) La resistencia a la compresión es mayor cuando la junta es menor
- c) De la misma manera el módulo de elasticidad es mayor cuando la junta es menor.
- d) Denotando una correlación entre el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión.
- e) Al comparar la diferencia entre aparejos entre sillar y columna independiente mente del espesor de las juntas se observa una mayor resistencia a la compresión en los aparejos de columna en comparación de los de sillar.
- f) Se observa en probetas con el mismo mampuesto, mismo aparejo y espesor que al presentarse una diferencia de resistencia a la compresión de 65.06 y 92.89 el módulo de elasticidad también varía 71-74, 101-109 se observa con las probetas R-C-2.0-2 y R-C-2.0-3.
- g) Así como con la probeta R-S-2.0-2 Y R-S-2.0-3 donde sus resistencias son 36.61 y 55.67 junto con sus módulos de elasticidad que son 65 y 81, lo que confirma la correlación entre la resistencia a la compresión con el módulo de elasticidad ya que se observa que son del mismo mampuesto, el mismo aparejo y tienen el mismo espesor.
- h) Al analizar solamente los valores de las probetas con referencia al tipo de mampuesto se observa que tanto como la resistencia a la compresión como el módulo de elasticidad presentan valores más elevados en la rolita en comparación con la cantera hermosa.
- i) Existen diferencia en los valores de resistencia a la compresión como en el módulo de elasticidad en las probetas con mismas características aun y cuando se trató de conservar un procedimiento controlado con medidas similares, misma arena, misma cal, misma viscosidad del mortero,

mismos aparejos, mismos moldes y mismo proceso de construcción, sin embargo se presentaron pequeñas variaciones en los parámetros ya mencionados, que pudieran propiciar esas diferencias, lo que concuerda con lo escrito por Peña donde determina que es una tarea difícil definir un valor de módulo de elasticidad y resistencia a la compresión, siendo estos valores estructurales, a una mampostería. (Peña Mondragón, 2010)

- j) Se observa que en el primer ciclo se presenta una pendiente mayor que en el segundo ciclo lo que se puede atribuir a que en el segundo ciclo existe un mayor reacomodo del mortero dentro de las juntas.

### **6.3 Pruebas de Normalidad**

Prueba de Anderson Darling

“Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, usted rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población”. (Minitab, 2021)

Prueba de normalidad de Ryan-Joiner

“Esta prueba evalúa la normalidad calculando la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos. Si el coeficiente de correlación se encuentra cerca de 1, es probable que la población sea normal. El estadístico de Ryan-Joiner evalúa la fuerza de esta correlación; si se encuentra por debajo del valor crítico apropiado, usted rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. Esta prueba es similar a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.” (Minitab, 2021)

### Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov

“Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si esta diferencia observada es adecuadamente grande, la prueba rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. Si el valor p de esta prueba es menor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ) elegido, usted puede rechazar la hipótesis nula y concluir que se trata de una población no normal”. (Minitab, 2021)

Al momento de realizar las evaluaciones de las variables se consideró un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , este valor se empleó en los tres tipos de prueba de normalidad antes mencionados.

Como apoyo visual se complementó cada gráfica de análisis de normalidad con una aproximación informal llamada “prueba del lápiz grueso” que consiste en el trazado de dos líneas cercanas a la línea ajustada que permiten inferir una probable normalidad en los datos si todos los puntos de los datos en la gráfica se encuentran entre dichas líneas, cabe destacar que este apoyo visual no sustituye la inferencia estadística de la prueba de normalidad. (Minitab, 2021)

### 6.3.1 Prueba de Normalidad Anderson-Darling

#### Variable dependiente "Y1: Densidad"

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y1: Densidad".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y1: Densidad".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y1: Densidad".

Dado que:

- 1) El valor estadístico  $AD = 0.596 \neq 0$  y;
- 2) El valor  $p = 0.113 > \alpha = 0.05$  por lo que:

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y1: Densidad" presenta una distribución normal.

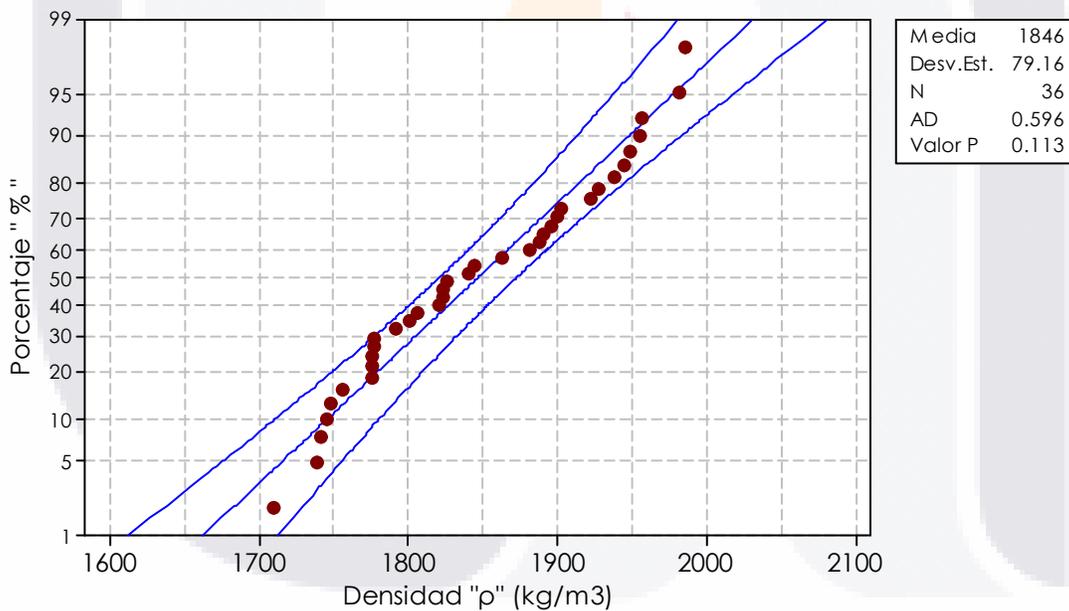


Figura 25 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling para la variable dependiente "Y1: Densidad", autoría propia.

### Variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión"

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

Dado que:

- 1) El valor estadístico  $AD = 0.375 \neq 0$  y;
- 2) El valor  $p = 0.397 > \alpha = 0.05$  por lo que:

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" presenta una distribución normal.

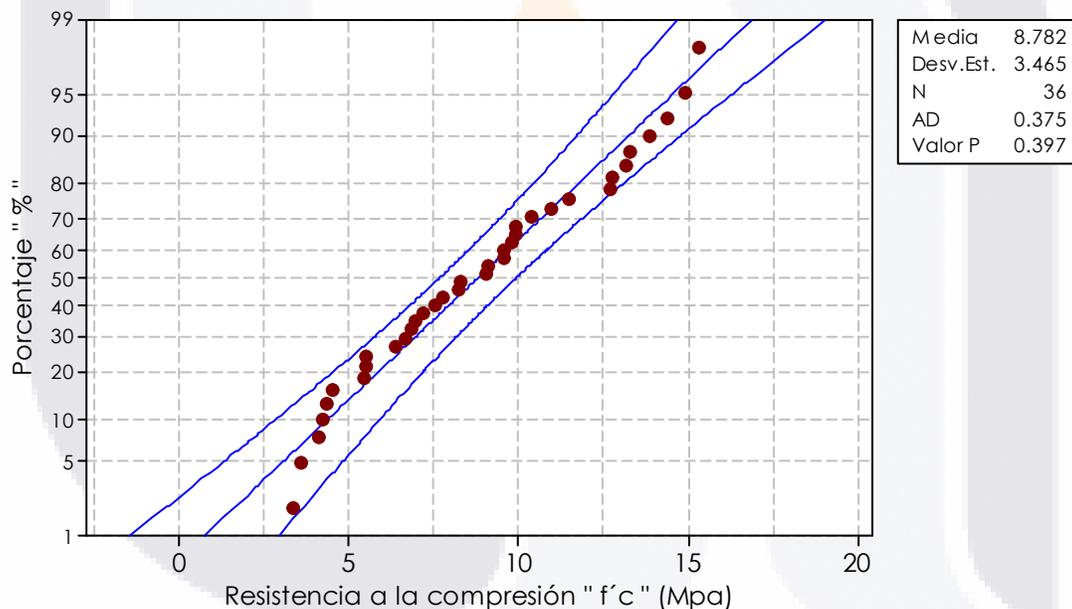


Figura 26 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling, para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión", autoría propia.

**Variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”**

Se propone la hipótesis nula “H0” y alterna “H1”, para la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”.

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”.

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”.

Dado que:

- 1) El valor estadístico AD = 0.343  $\neq$  0 y;
- 2) El valor p = 0.461 >  $\alpha$  = 0.05 por lo que:

Se acepta la hipótesis nula “H0”, en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad” presenta una distribución normal.

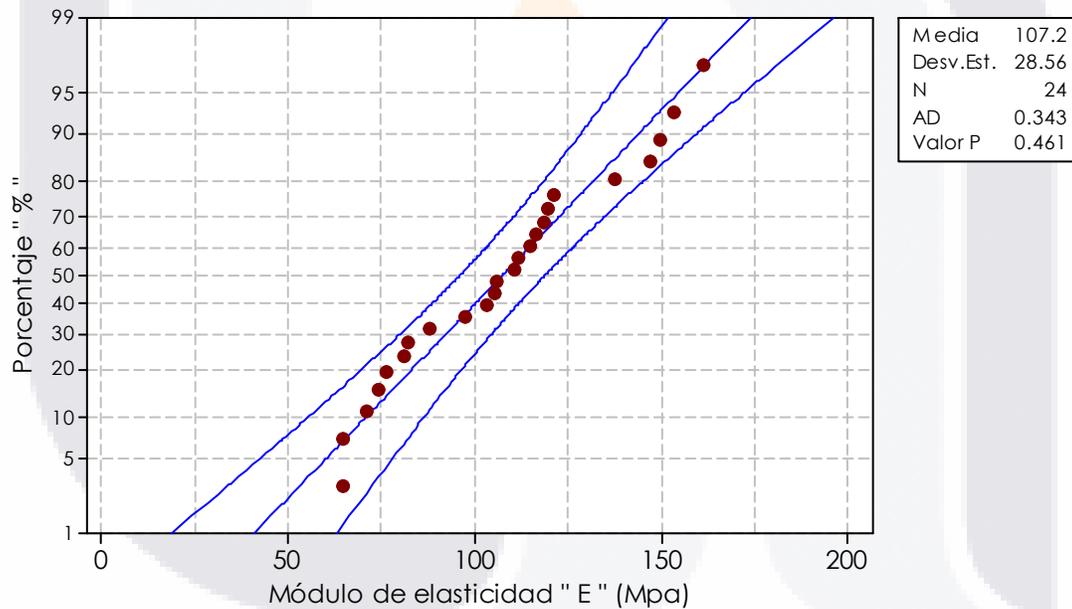


Figura 27 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling para la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”, autoría propia.

### 6.3.2 Prueba de Normalidad Ryan-Joiner

#### Variable dependiente "Y1: Densidad"

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y1: Densidad".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y1: Densidad".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y1: Densidad".

Dado que:

- 1) El valor estadístico RJ = 0.981 < 1 y;
- 2) El valor p = 0.100 >  $\alpha = 0.05$  por lo que:

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y1: Densidad" presenta una distribución normal.

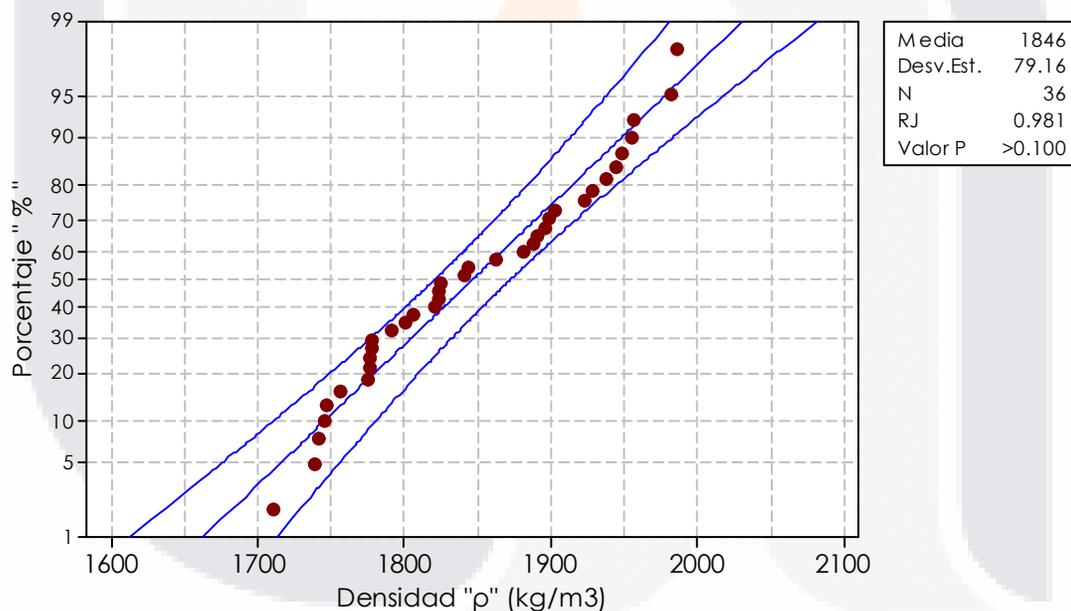


Figura 28 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Ryan Joiner para la variable dependiente "Y1: Densidad", autoría propia.

**Variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión"**

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

Dado que:

- 1) El valor estadístico RJ = 0.985 < 1 y;
- 2) El valor p = 0.100 >  $\alpha$  = 0.05 por lo que:

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" presenta una distribución normal.

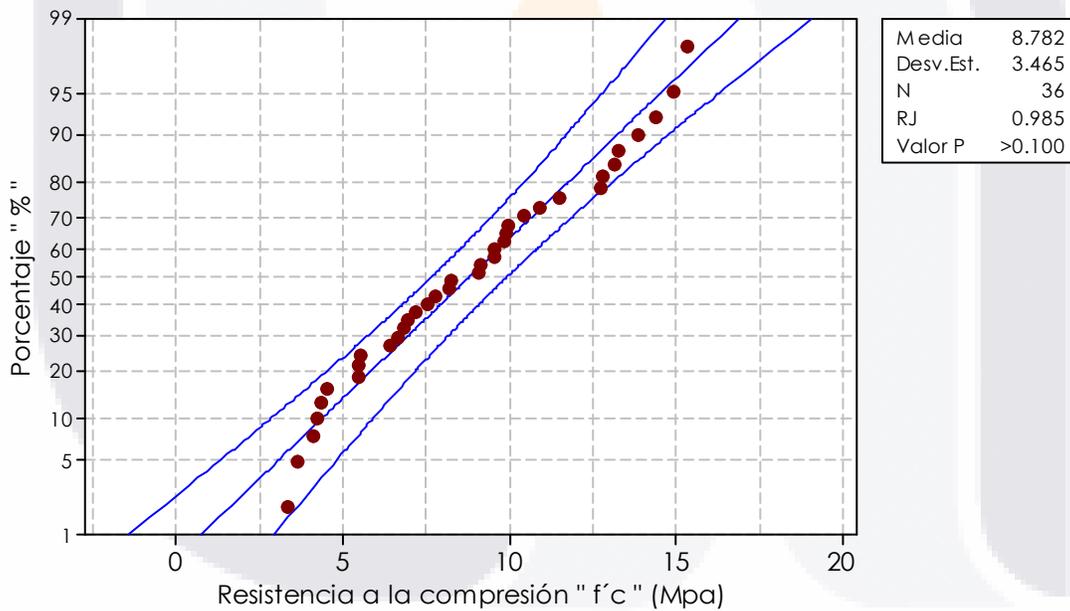


Figura 29 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Ryan Joiner para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión", autoría propia.

### Variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad"

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad".

Dado que:

- 1) El valor estadístico  $RJ = 0.983 < 1$  y;
- 2) El valor  $p = 0.100 > \alpha = 0.05$ . por lo que:

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" presenta una distribución normal.

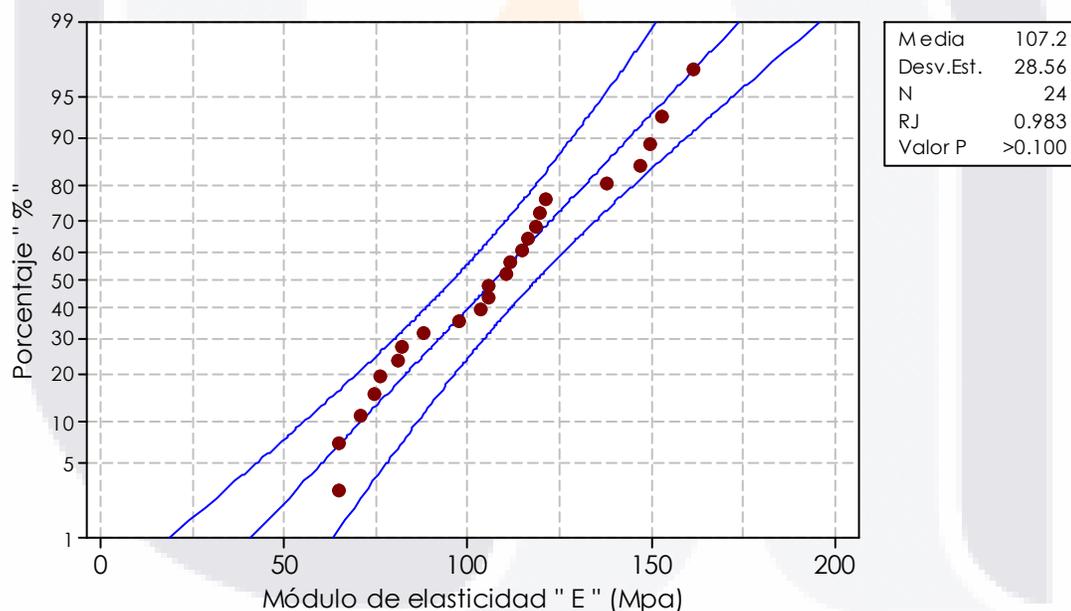


Figura 30 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Ryan Joiner para la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad", autoría propia.

### 6.3.3 Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov

#### Variable dependiente "Y1: Densidad"

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y1: Densidad".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y1: Densidad".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y1: Densidad".

Dado que:

- 1) El valor estadístico KS = 0.114 y;
- 2) El valor  $p = 0.150 > \alpha = 0.05$  por lo que:

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y1: Densidad" presenta una distribución normal.

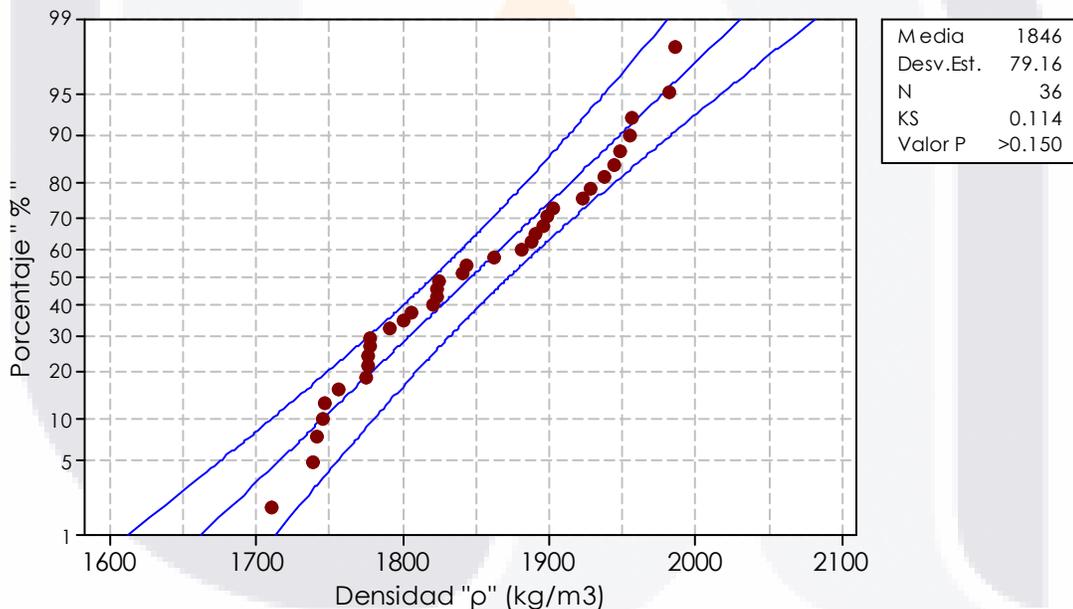


Figura 31 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente "Y1: Densidad", autoría propia.

**Variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión"**

Se propone la hipótesis nula "H0" y alterna "H1", para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión".

Dado que:

- 1) El valor estadístico KS = 0.093
- 2) El valor  $p = 0.150 > \alpha = 0.05$ .

Se acepta la hipótesis nula "H0", en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" presenta una distribución normal.

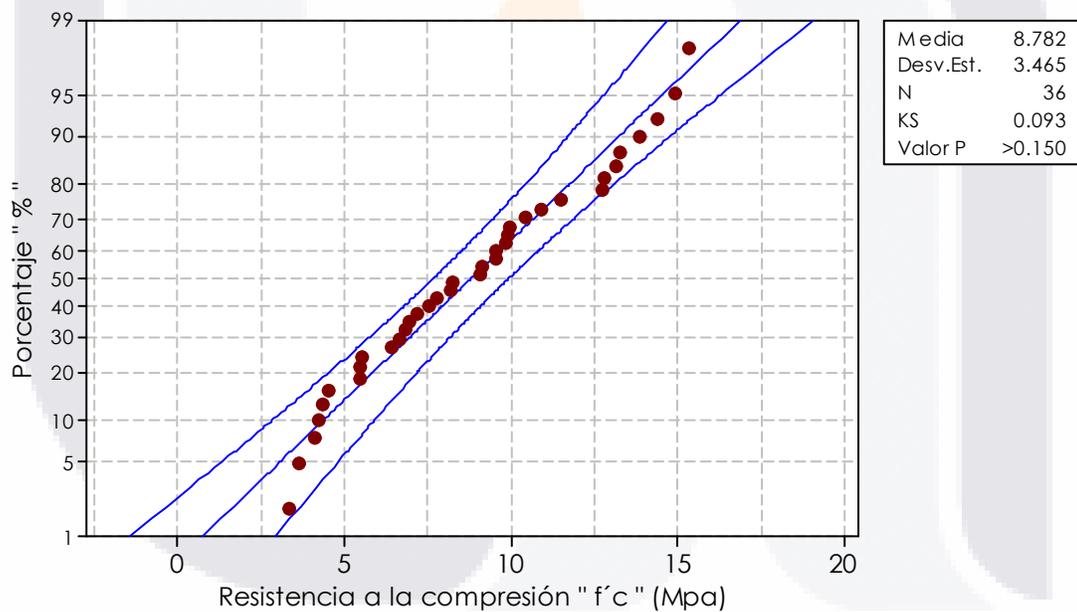


Figura 32 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión", autoría propia.

**Variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”**

Se propone la hipótesis nula “H0” y alterna “H1”, para la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”.

H0 = Existe una distribución normal en la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”.

H1 = No existe una distribución normal en la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”.

Dado que:

- 1) El valor estadístico KS = 0.105
- 2) El valor p = 0.150 >  $\alpha = 0.05$ .

Se acepta la hipótesis nula “H0”, en consecuencia, se puede afirmar con un 95% de certeza que la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad” presenta una distribución normal.

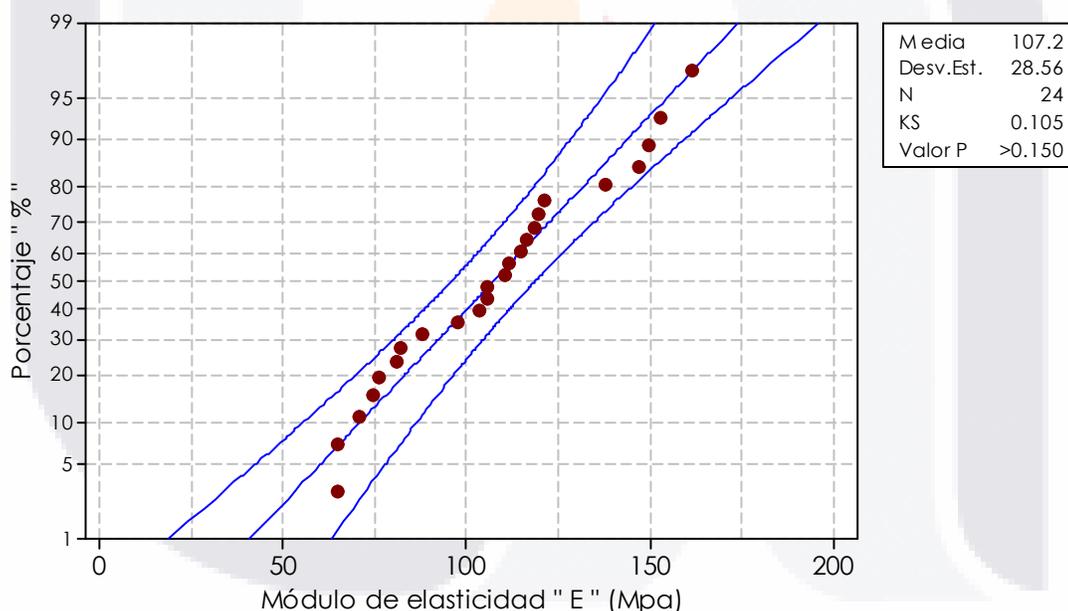


Figura 33 Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad”, autoría propia.

## **6.4 Justificación de las pruebas estadísticas para la comprobación de hipótesis de investigación**

Al demostrar la normalidad de los datos por medio de las pruebas de normalidad de: "Anderson-Darling, Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov", se justifica el empleo de las pruebas paramétricas que se usan comúnmente, considerando que los datos analizados se ajustan a una distribución muestral de tipo normal.

Con la finalidad de evaluar las hipótesis principales y secundarias, se utiliza una evaluación de correlación entre las variables dependientes: "Y1: Densidad", "Y2: Resistencia a la compresión" y "Y3: Módulo de elasticidad". Junto con el análisis realizado con la prueba de comprobación de diferencia de medias tanta para la variable cuantitativa independiente: "X1: Espesor de junta" como para las variables cualitativas independientes: "X2: Tipo de piedra" y "X3: Tipo de aparejo", las cuales se consideran categóricas. (Minitab, 2021)

### **6.4.1 Diferencia de medias poblacionales o prueba t de 2 muestras independientes**

La prueba ejecuta una prueba de hipótesis con base en la diferencia de medias de dos poblaciones sin necesidad conocer las desviaciones estándar y las muestras se toman de manera independiente entre ellas. Para ejecutar esta prueba las poblaciones deben ser independientes y cumplir con un supuesto de normalidad. (Minitab, 2021)

Las hipótesis que se plantean son:

Hipótesis nula

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = \delta_0$$

La diferencia que existente entre las medias de las poblaciones ( $\mu_1 - \mu_2$ ) es igual a la diferencia hipotética ( $\delta_0$ ).

Hipótesis alternativa

Se elige las hipótesis alternativas que más convengan al estudio.

H1:  $\mu_1 - \mu_2 \neq \delta_0$  La diferencia que existe entre las medias de las poblaciones ( $\mu_1 - \mu_2$ ) no es igual a la diferencia hipotética ( $\delta_0$ ).

H1:  $\mu_1 - \mu_2 > \delta_0$  La diferencia entre las medias de las poblaciones ( $\mu_1 - \mu_2$ ) es mayor que la diferencia hipotética ( $\delta_0$ ).

H1:  $\mu_1 - \mu_2 < \delta_0$  La diferencia entre las medias de las poblaciones ( $\mu_1 - \mu_2$ ) es menor que la diferencia hipotética ( $\delta_0$ ).

#### 6.4.2 Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson "r" ayuda a calcular la fuerza y la dirección de la asociación de dos variables cuantitativas aleatorias con una distribución bi-variada conjunta. La correlación de Pearson valora la relación lineal entre dos variables continuas. La relación es lineal cuando un cambio en una variable se asocia directamente con un cambio proporcional en la otra variable. (Minitab, 2021)

$$Covarianza = \frac{\sum(\bar{X} - X) * (\bar{Y} - Y)}{n - 1} \tag{8}$$

n= Tamaño de la muestra

$\bar{X}$  Media de X

$\bar{Y}$  Media de Y

$$r = \frac{covarianza}{S_x * S_y} \tag{9}$$

R= Coeficiente de correlación

Sx= Desviación típica x

Sy= Desviación típica y

Una vez se realice el estudio de coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) se evaluará si dicho coeficiente se considera estadísticamente diferente de cero. Para realizar dicho cálculo se aplica una prueba apoyada en la distribución de la  $t$  de student.

La prueba de significancia del coeficiente de correlación de Pearson puede plantearse de las siguientes dos maneras:

1. Bilateral: cuando se contrasta la hipótesis nula de ausencia de asociación lineal cuando no se especifica con antelación en la hipótesis alternativa la dirección en la que se llevara la asociación de las hipótesis, en caso de que ésta exista. (Minitab, 2021)

2. Unilateral: cuando con antelación se especificó la dirección de la asociación de variables, si se contrasta la hipótesis nula señalando de antemano en la hipótesis alternativa. Si se desea un contraste de una sola variable es forzoso activar la opción correspondiente. A nivel muestral (aun en muestras muy grandes), es muy complicado encontrar valor de  $r = 0$  aun cuando las variables sean completamente independientes, de modo que se acepta que mientras más se acerque dicho coeficiente a 1, el grado de relación entre las variables evaluadas será más fuerte. (Minitab, 2021)

En este tipo de pruebas se determina  $R^2$  que es el coeficiente de correlación de Pearson, de acuerdo con lo siguiente:

Si  $R \approx 1$  Existe correlación lineal entre los datos analizados.

Si  $R \approx 0$  NO existe correlación lineal entre los datos analizados.

Las hipótesis planteadas para este caso tendrán que ser:

*Hipótesis nula*

$H_0: R \approx 0$  No existe correlación entre las variables analizadas.

*Hipótesis alternativa*

$H_0: R \neq 0$  Existe correlación entre las variables analizadas.

### 6.4.3 Interpretación de la correlación

Al realizar la correlación relacionando dos variables importa conocer si dicha correlación es diferente de cero asimismo es trascendente realizar inferencias acerca de la fuerza o nivel de correlación entre dichas variables.

En términos de proporción de variabilidad compartida o explicada tiene mayor peso la interpretación del coeficiente de correlación, donde se brinda una idea más completa de la magnitud de la relación, dicho coeficiente es se le conoce como el coeficiente de determinación, el cual se define como el cuadrado del coeficiente de correlación; cuando dos variables independientes y dependiente, hace referencia a  $r^2_{xy}$ , y se conocen como una proporción de variabilidades de la regresión y puede entenderse como que tanto pueden explicarse los resultados de una variable en función a las variaciones de la otra.

Tabla 11 Interpretaciones del valor r por rangos, autoría propia

Rango de $r^2 / p^2$	Interpretación de la correlación
0.00 - 0.25	Escasa o nula
0.26 - 0.50	Débil
0.51 - 0.75	Entre moderada y fuerte
0.76 - 1.00	Entre fuerte y perfecta

## 6.5 Diferencia de medias poblacionales o prueba t de 2 muestras independientes

### 6.5.1 Variable Independiente “X1: Espesor de junta” considerando densidad.

#### Espesores de junta 2.0 y 1.5 cm

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan una densidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan una densidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 12 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	1823.9	58.6	17	-28.8
A2	12	1853.0	104.0	30	
T-Valor	-0.84		P-Valor	0.411	

Al obtener un P-Valor = 0.411 >  $\alpha = 0.05$ , no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de la densidad entre los espesores de junta de 2.0 y 1.5 cm, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

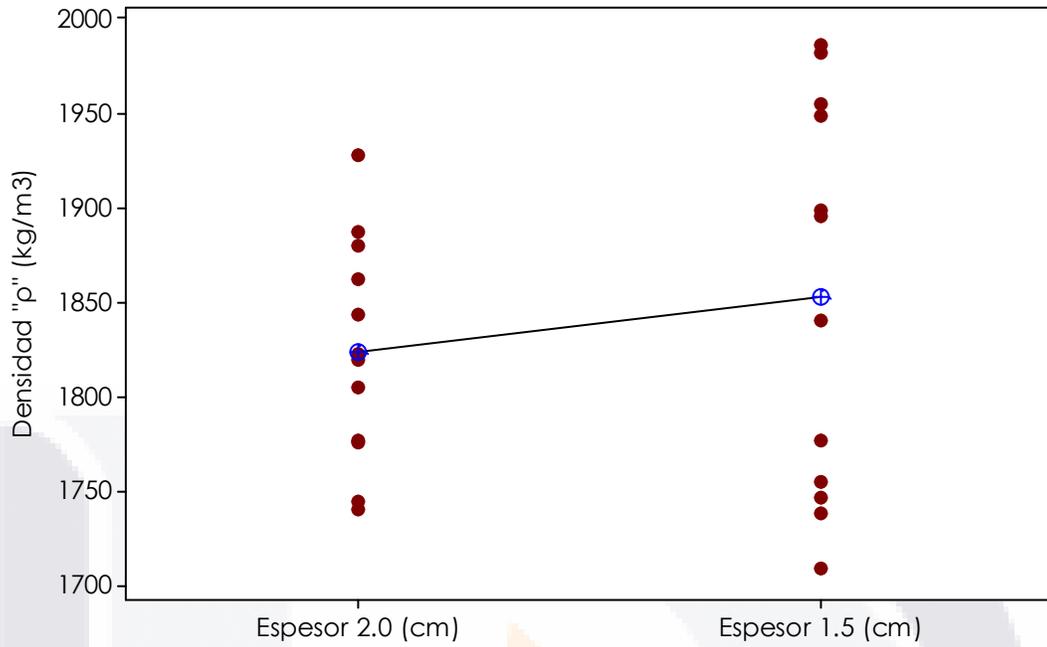


Figura 34 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**Espesores de junta 2.0 y 1.0 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan una densidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan una densidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 13 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”. autoría propia

N		Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	1823.9	58.6	17	-37.9
A2	12	1861.8	70.1	20	
T-Valor	-1.44		P-Valor	0.165	

Al obtener un P-Valor = 0.165 >  $\alpha = 0.05$ , no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de la densidad entre los espesores de junta de 2.0 y 1.0 cm, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

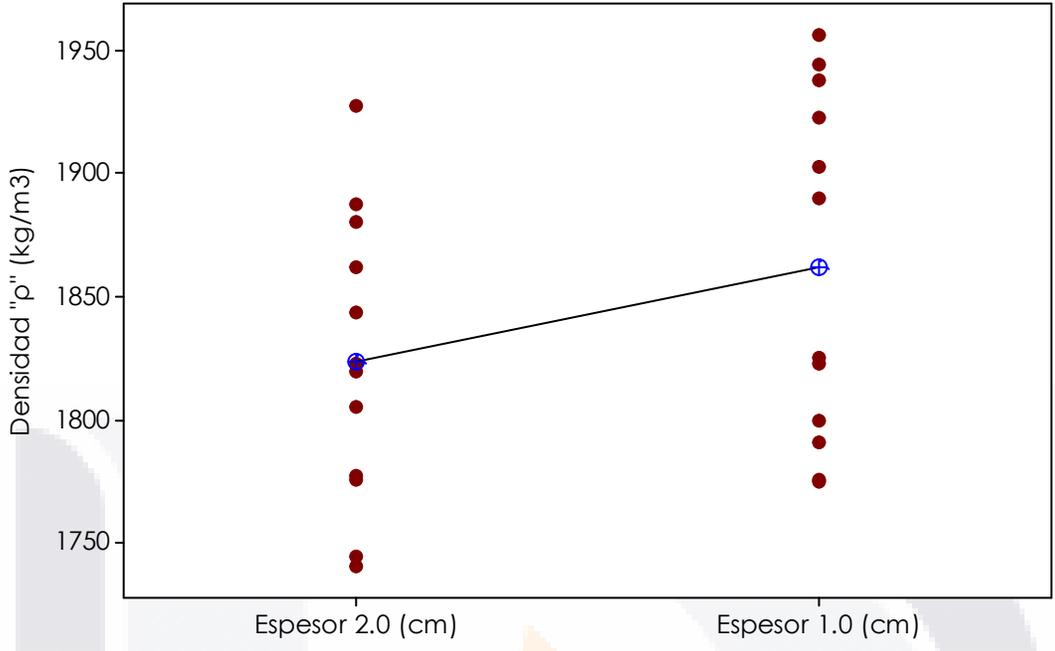


Figura 35 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**Espesores de junta 1.5 y 1.0 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan una densidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan una densidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 14 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	1853.0	104.0	30	-9.1
A2	12	1861.8	70.1	20	
T-Valor	-0.25		P-Valor	0.804	

Al obtener un P-Valor = 0.804 >  $\alpha = 0.05$ , no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de la densidad entre los espesores de junta de 1.5 y 1.0 cm, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

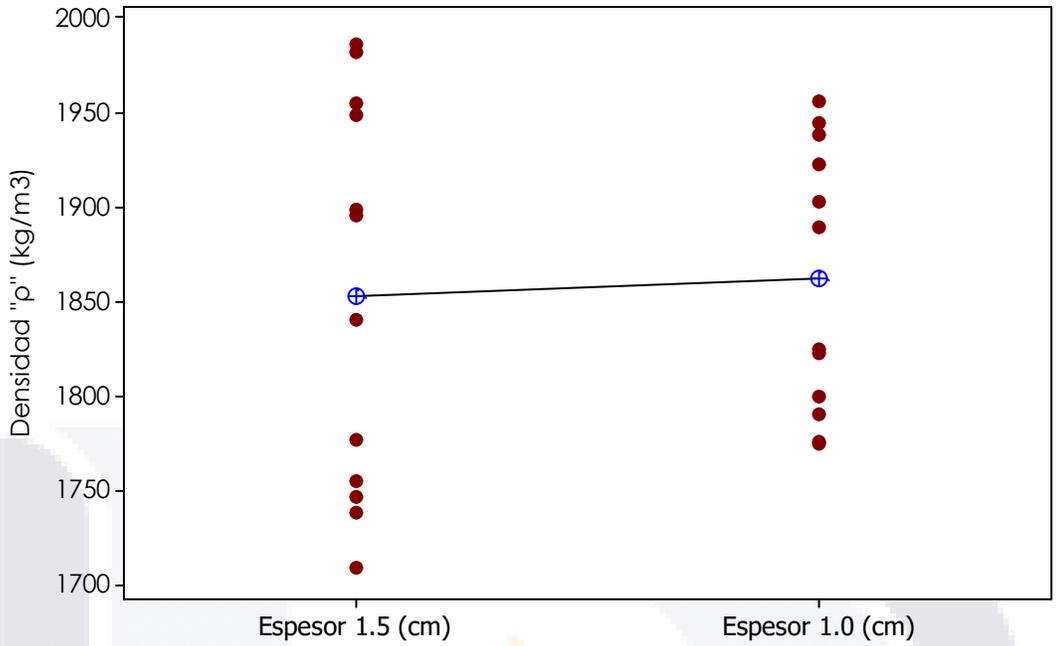


Figura 36 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**6.5.2 Variable Independiente “X1: Espesor de junta” considerando resistencia a la compresión.**

**Espesores de junta 2.0 y 1.5 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 15 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y2: Resistencia a la compresión” de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	5.42	1.92	0.55	-3.22
A2	12	8.64	2.04	0.59	
T-Valor	-3.99		P-Valor	0.001	

Al obtener un P-Valor = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia a la compresión de las probetas con un espesor de junta de 2.0 y 1.5 cm con un nivel de significancia del 5%.

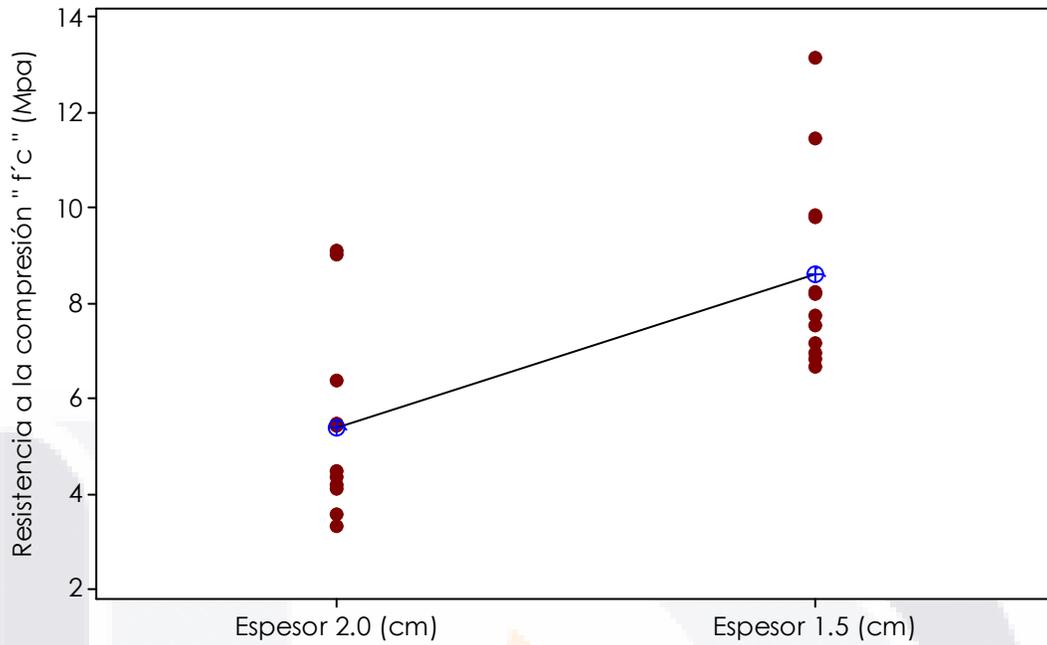


Figura 37 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**Espesores de junta 2.0 y 1.0 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 16 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y2: Resistencia a la compresión” de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	5.42	1.92	0.55	-6.876
A2	12	12.29	2.14	0.62	
T-Valor	-8.30		P-Valor	0.000	

Al obtener un P-Valor = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia a la compresión de las probetas con un espesor de junta de 2.0 y 1.0 cm con un nivel de significancia del 5%.

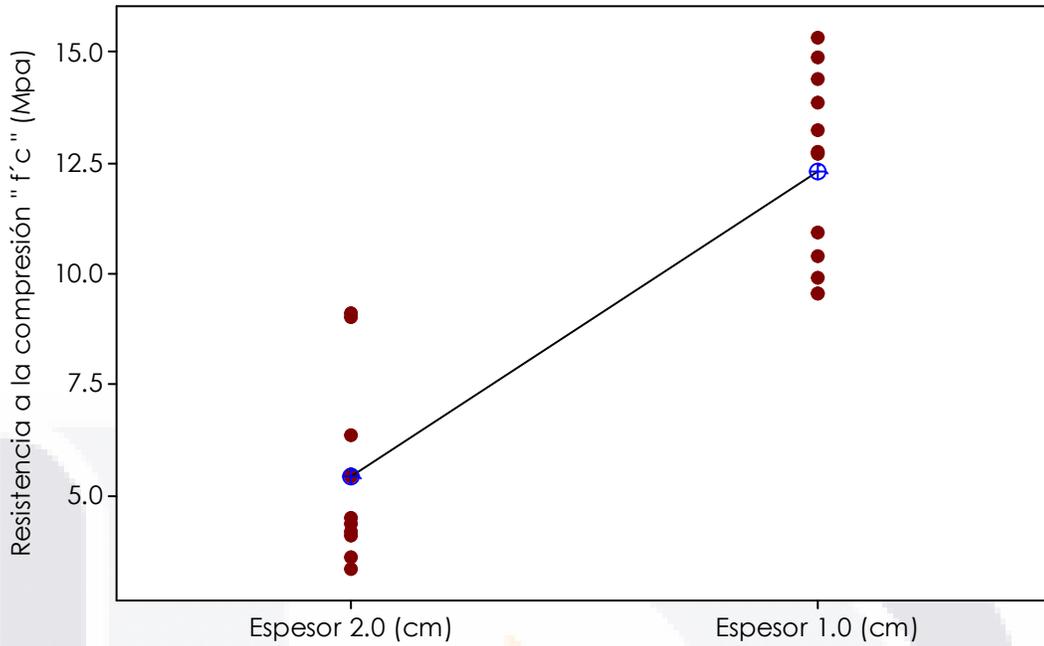


Figura 38 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**Espesores de junta 1.5 y 1.0 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm no presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 17 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y2: Resistencia a la compresión” de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	8.64	2.04	0.59	-3.656
A2	12	12.29	2.14	0.62	
T-Valor	-4.29		P-Valor	0.000	

Al obtener un P-Valor = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia a la compresión de las probetas con un espesor de junta de 1.5 y 1.0 cm con un nivel de significancia del 5%.

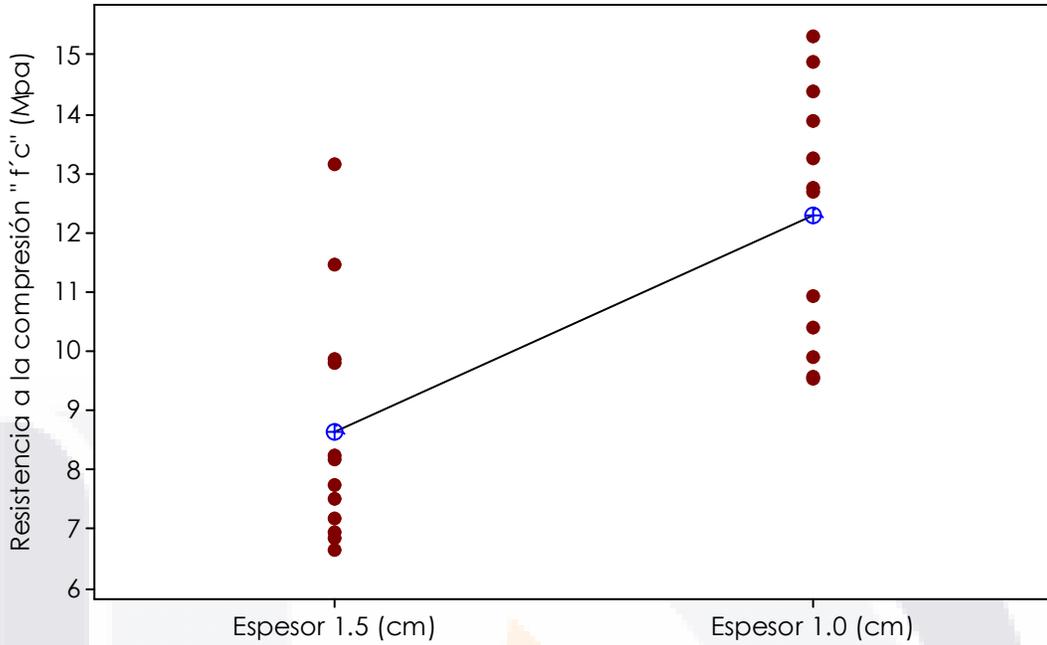


Figura 39 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**6.5.3 Variable Independiente “X1: Espesor de junta” considerando módulo de elasticidad.**

**Espesores de junta 2.0 y 1.5 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 18 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad” de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	8	77.4	13.1	4.6	-31.44
A2	8	108.8	10.2	3.6	
T-Valor	-5.35		P-Valor	0.000	

Al obtener un P-Valor = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el módulo de elasticidad de las probetas con un espesor de junta de 2.0 y 1.5 cm con un nivel de significancia del 5%.

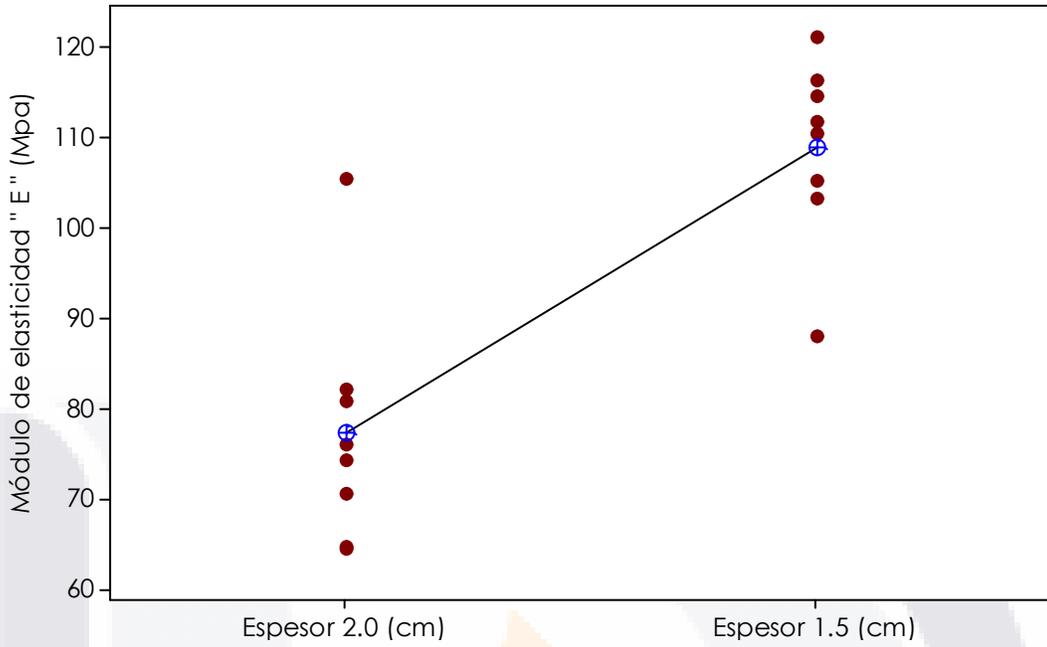


Figura 40 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.5 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**Espesores de junta 2.0 y 1.0 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 2.0 cm no presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 19 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad” de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	8	77.4	13.1	4.6	-58.10
A2	8	135.5	21.7	7.7	
T-Valor	-6.48		P-Valor	0.000	

Al obtener un P-Valor = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el módulo de elasticidad de las probetas con un espesor de junta de 2.0 y 1.0 cm con un nivel de significancia del 5%.

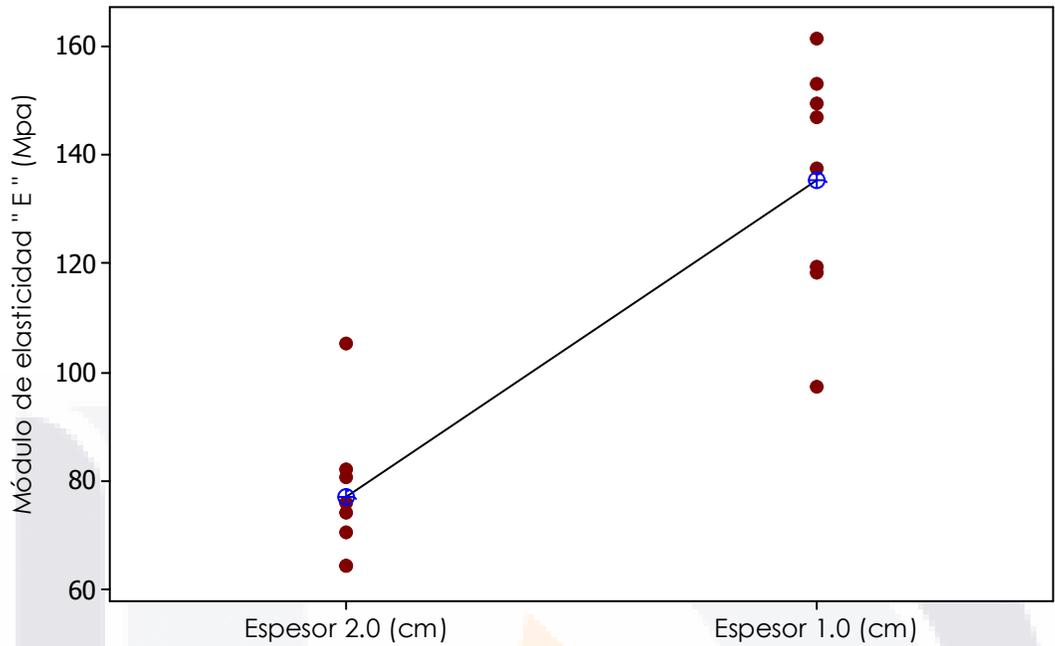


Figura 41 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (2.0 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.



**Espesores de junta 1.5 y 1.0 cm**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

H1 = Las probetas elaboradas con un espesor de junta de 1.5 cm no presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con un espesor de junta de 1.0 cm.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 20 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y3: Módulo de elasticidad” de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente “X1: Espesor de junta”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	8	108.8	10.2	3.6	-26.66
A2	8	135.5	21.7	7.7	
T-Valor	-3.15		P-Valor	0.007	

Al obtener un P-Valor = 0.007 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el módulo de elasticidad de las probetas con un espesor de junta de 2.0 y 1.0 cm con un nivel de significancia del 5%.

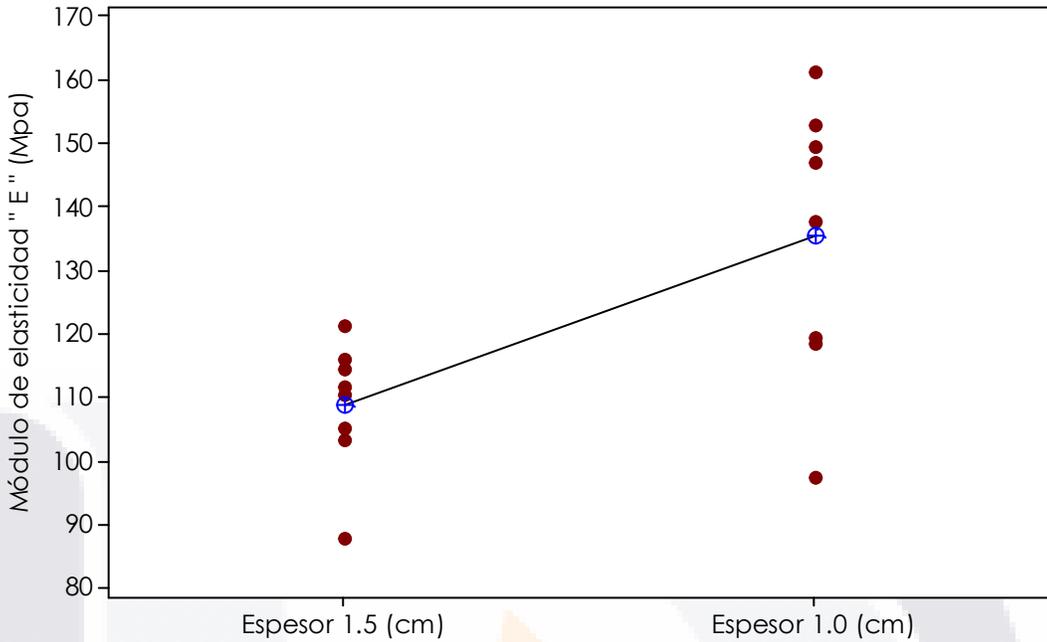


Figura 42 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y3: Módulo de elasticidad" de los espesores de junta (1.5 y 1.0 cm) considerados en la variable independiente "X1: Espesor de junta", autoría propia.

**6.5.4 Variable independiente “X2: Tipo de piedra” considerando densidad**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita presentan una densidad igual a las elaboradas con el tipo de piedra cantera.

H1 = Las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita no presentan una densidad igual a las elaboradas con el tipo de piedra cantera.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 21 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente “X2: Tipo de piedra”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	18	1909.6	50.30	12	126.9
A2	18	1782.7	42.90	10	
T-Valor	8.14		P-Valor	0.000	

Al obtener un P-Valor = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la hipótesis alterna H1, la cual indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la densidad de las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita que con el tipo de piedra cantera con un nivel de significancia del 5%.

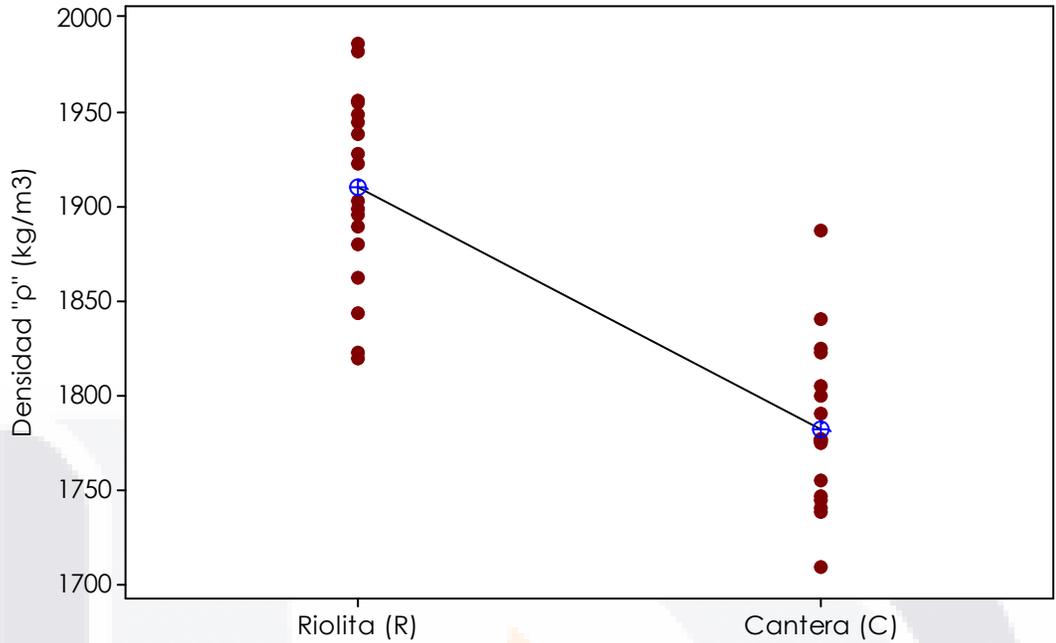


Figura 43 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y1: Densidad" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra", autoría propia.

**6.5.5 Variable independiente “X2: Tipo de piedra” considerando resistencia a la compresión**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con el tipo de piedra cantera.

H1 = Las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita no presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con el tipo de piedra cantera.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 22 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y2: Resistencia a la compresión” de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente “X2: Tipo de piedra”,  
autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	18	9.83	3.63	0.86	2.10
A2	18	7.73	3.04	0.72	
T-Valor	1.88		P-Valor	0.068	

Al obtener un P-Valor = 0.068 >  $\alpha = 0.05$  no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de la resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita que con el tipo de piedra cantera, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

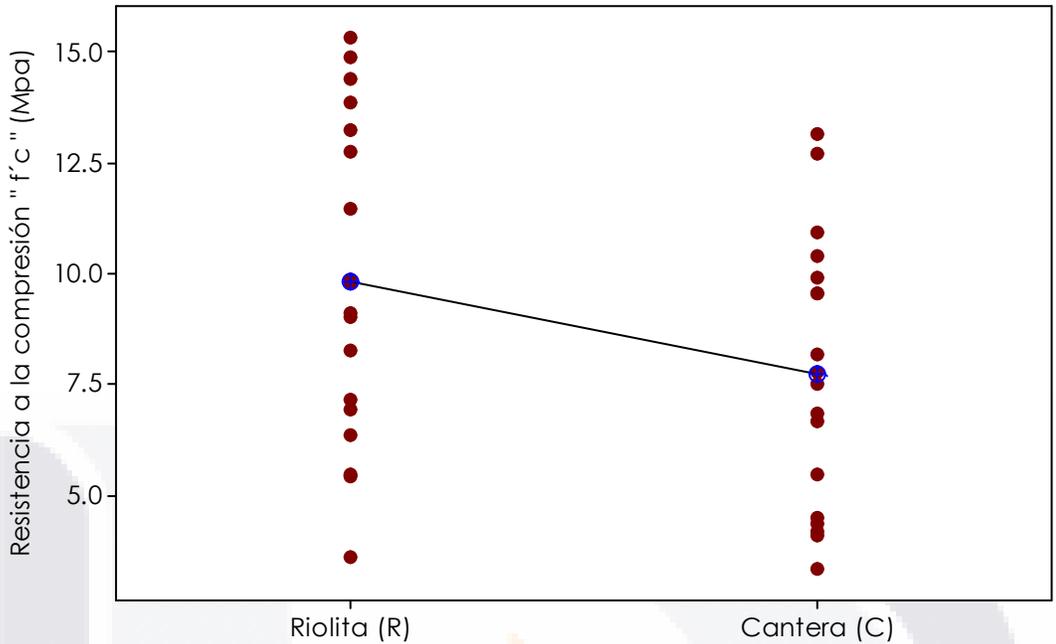


Figura 44 Gráfica de valores individuales de la variable dependiente "Y2: Resistencia a la compresión" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra", autoría propia.

**6.5.6 Variable independiente “X2: Tipo de piedra” considerando módulo de elasticidad**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con el tipo de piedra cantera.

H1 = Las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita no presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con el tipo de piedra cantera.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 23 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente “X2: Tipo de piedra”.autoría propia

N		Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	116.8	30.5	8.8	19.1
A2	12	97.6	24.0	6.9	
T-Valor	1.71		P-Valor	0.102	

Al obtener un P-Valor = 0.102 >  $\alpha = 0.05$  no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias del módulo de elasticidad de las probetas elaboradas con el tipo de piedra riolita que con el tipo de piedra cantera, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

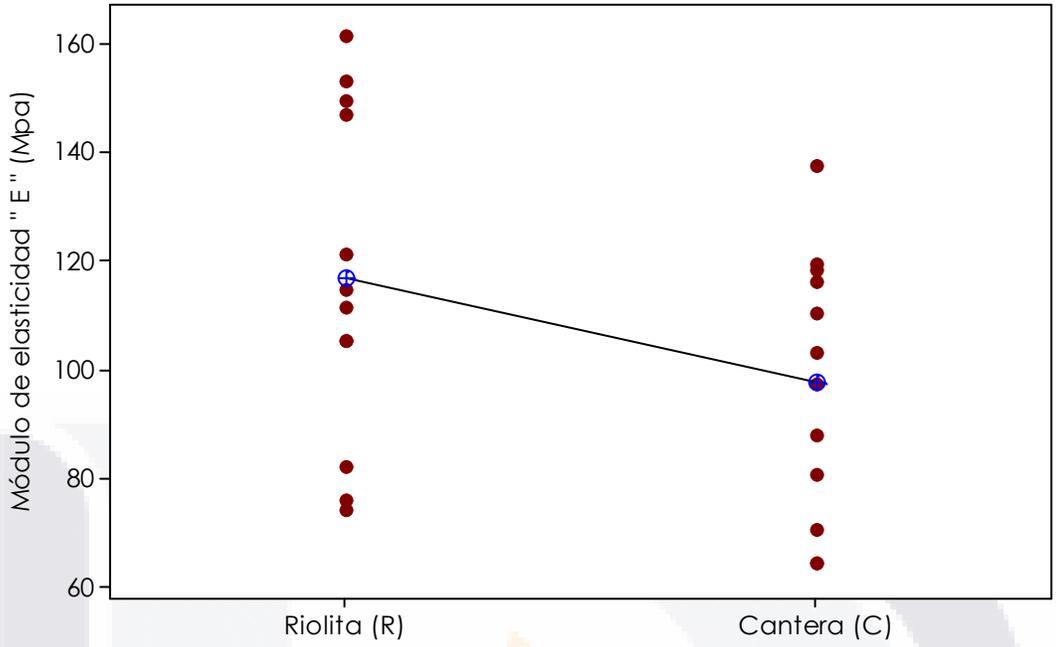


Figura 45 Gráfica de valores individuales de "Y3: Módulo de elasticidad" de los dos tipos de piedra (Riolita y Cantera) considerados en la variable independiente "X2: Tipo de piedra", autoría propia.

**6.5.7 Variable independiente “X3: Tipo de aparejo” considerando densidad**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna presentan una densidad igual a las elaboradas con el tipo de aparejo sillar.

H1 = Las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna no presentan una densidad igual a las elaboradas con el tipo de aparejo sillar.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 24 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente “X3: Tipo de aparejo”, autoría propia

N		Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	18	1861.0	79.20	19	29.6
A2	18	1831.4	78.50	19	
T-Valor	1.12		P-Valor	0.269	

Al obtener un P-Valor = 0.269 >  $\alpha = 0.05$  no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de la densidad de las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna que con el tipo de aparejo sillar, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

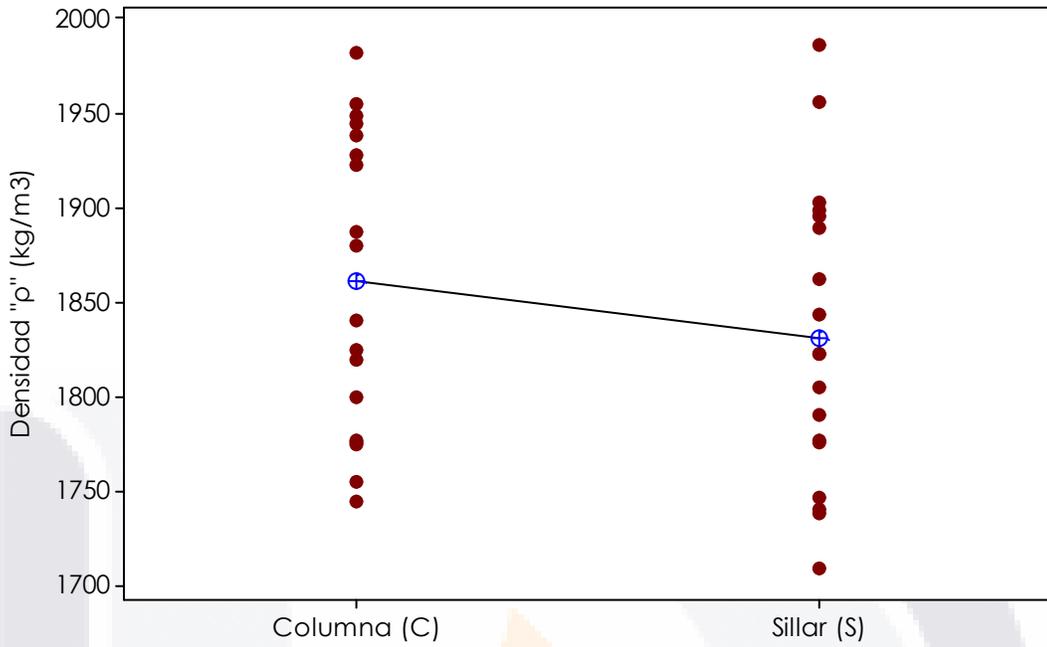


Figura 46 Gráfica de valores individuales de "Y1: Densidad" de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente "X3: Tipo de aparejo", autoría propia.

**6.5.8 Variable independiente “X3: Tipo de aparejo” considerando resistencia a la compresión**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con el tipo de aparejo sillar.

H1 = Las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna no presentan una resistencia a la compresión igual a las elaboradas con el tipo de aparejo sillar.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 25 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente “X3: Tipo de aparejo”, autoría propia

N		Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	18	9.21	3.35	0.79	0.85
A2	18	8.36	3.62	0.85	
T-Valor	0.73		P-Valor	0.471	

Al obtener un P-Valor = 0.471 >  $\alpha = 0.05$  no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de la resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna que con el tipo de aparejo sillar, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

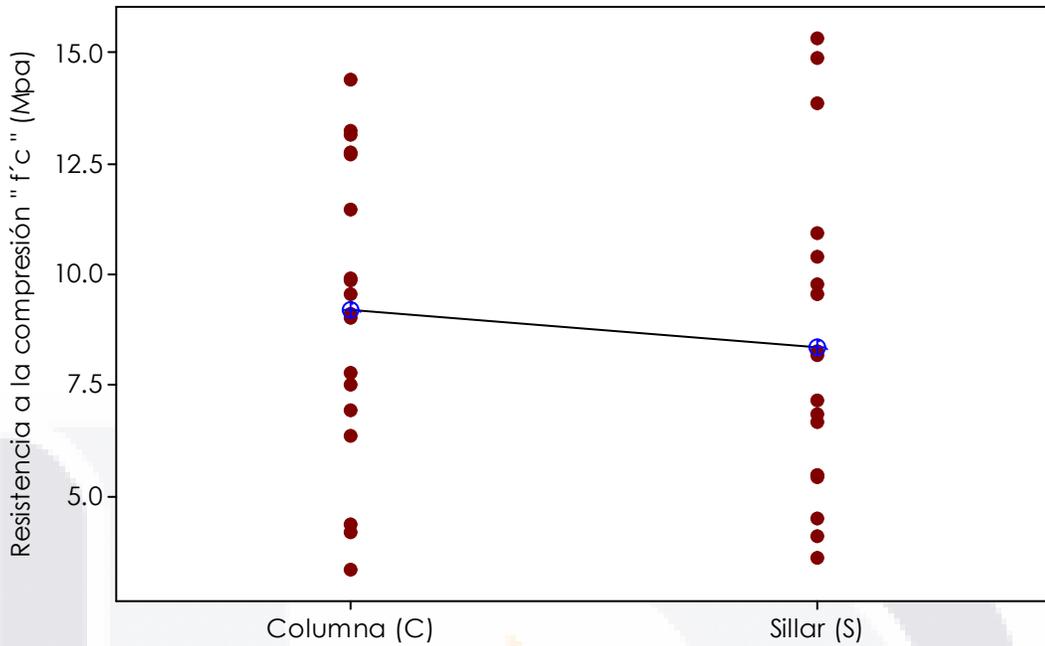


Figura 47 Gráfica de valores individuales de "Resistencia a la compresión" de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente "X3: Tipo de aparejo", autoría propia.

**6.5.9 Variable independiente “X3: Tipo de aparejo” considerando módulo de elasticidad**

Se establecen las hipótesis:

H0 = Las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con el tipo de aparejo sillar.

H1 = Las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna no presentan un módulo de elasticidad igual a las elaboradas con el tipo de aparejo sillar.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 26 Diferencia de Medias de la variable dependiente “Y1: Densidad” de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente “X3: Tipo de aparejo”, autoría propia

	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media	Diferencia de Medias
A1	12	106.3	27.8	8.0	-1.08
A2	12	108.1	30.5	8.8	
T-Valor	-0.15		P-Valor	0.879	

Al obtener un P-Valor = 0.879 >  $\alpha = 0.05$  no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0 por lo cual, aunque es evidente la diferencia de medias de los módulos de elasticidad de las probetas elaboradas con el tipo de aparejo columna que con el tipo de aparejo sillar, no existe una diferencia estadísticamente significativa según la prueba efectuada.

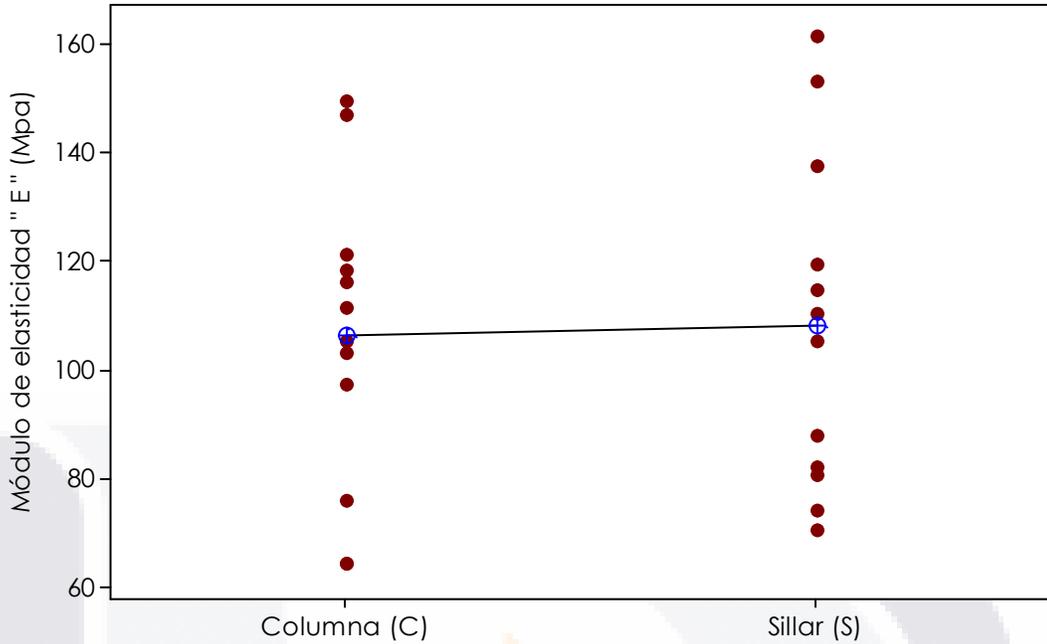


Figura 48 Gráfica de valores individuales de "Módulo de Elasticidad" de los dos tipos de aparejo (Columna y Sillar) considerados en la variable independiente "X3: Tipo de aparejo", autoría propia., autoría propia

## 6.6 Correlaciones estadísticas

### 6.6.1 Densidad vs Resistencia a la compresión

Prueba de correlación entre la densidad y la resistencia a la compresión de las probetas, con el objetivo de evaluar el grado de correspondencia entre ambas variables.

Se establecen las hipótesis:

H0 = La densidad de las probetas no está relacionada con la resistencia a la compresión de las mismas.

H1 = La densidad de las probetas está relacionada con la resistencia a la compresión de las mismas.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Correlación de Pearson  $r = 0.388$  y  $P = 0.019 < \alpha = 0.05$

Al tener un valor de  $P < \alpha$  se rechaza la hipótesis nula H0, por lo que se acepta la hipótesis alterna H1 asegurando que existe una correlación entre la densidad de las probetas y la resistencia a la compresión de las mismas con un 95% de certeza.

El valor  $r$  nos permite asegurar que existe una correlación positiva de débil a moderada entre la densidad y la resistencia a la compresión con una correlación significativa, ya que el valor  $p$  para esta correlación es menor al nivel de significancia .05, lo que nos permite asegurar con un 95% de certeza que no es producto de casualidad.

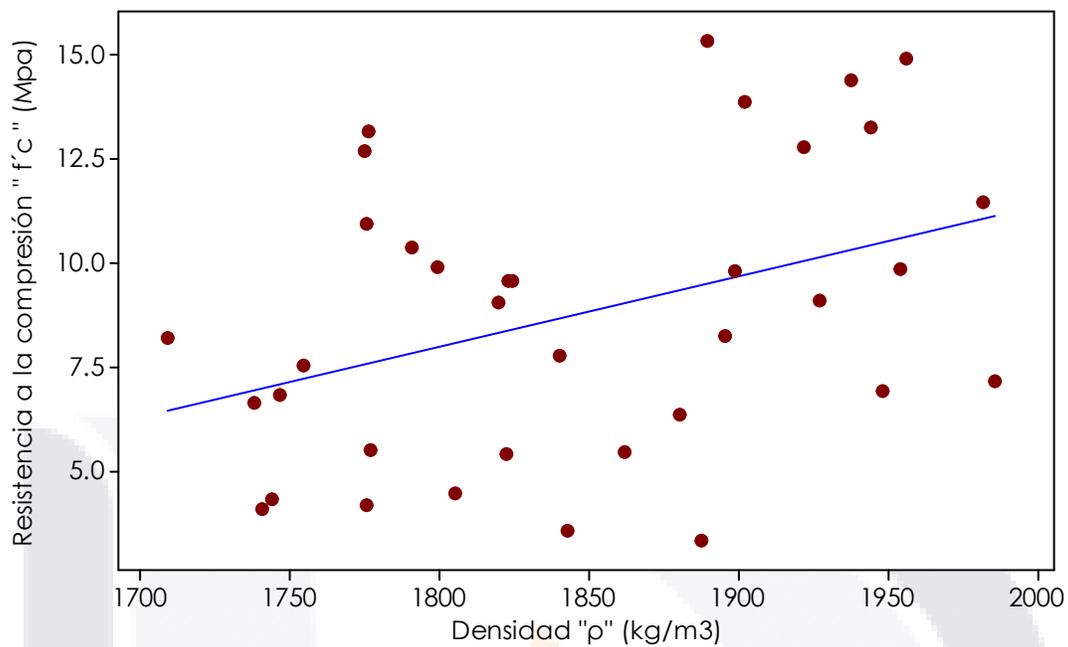


Figura 49 Gráfica de dispersión de "Densidad" contra "Resistencia a la compresión", autoría propia.

### 6.6.2 Densidad vs Módulo de elasticidad

Prueba de correlación entre la densidad y el módulo de elasticidad de las probetas, con el objetivo de evaluar el grado de correspondencia entre ambas variables.

Se establecen las hipótesis:

H0 = La densidad de las probetas no está relacionada con el módulo de elasticidad de las mismas.

H1 = La densidad de las probetas está relacionada con el módulo de elasticidad de las mismas.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Correlación de Pearson  $r=0.401$   $P=0.052 > \alpha = 0.05$

Al tener un valor de  $P > \alpha$  no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula H0, por lo cual, aunque es evidente una correlación entre la densidad de las probetas con el módulo de elasticidad de las mismas, no existe una correlación estadísticamente significativa según la prueba de correlación.

El valor r nos permite asegurar que existe una correlación positiva de débil a moderada entre la densidad y el módulo de elasticidad con una correlación no significativa ya que, el valor p para esta correlación es menor al nivel de significancia .05, permitiendo afirmar que existe evidencia no concluyente sobre la significancia de la asociación entre variables

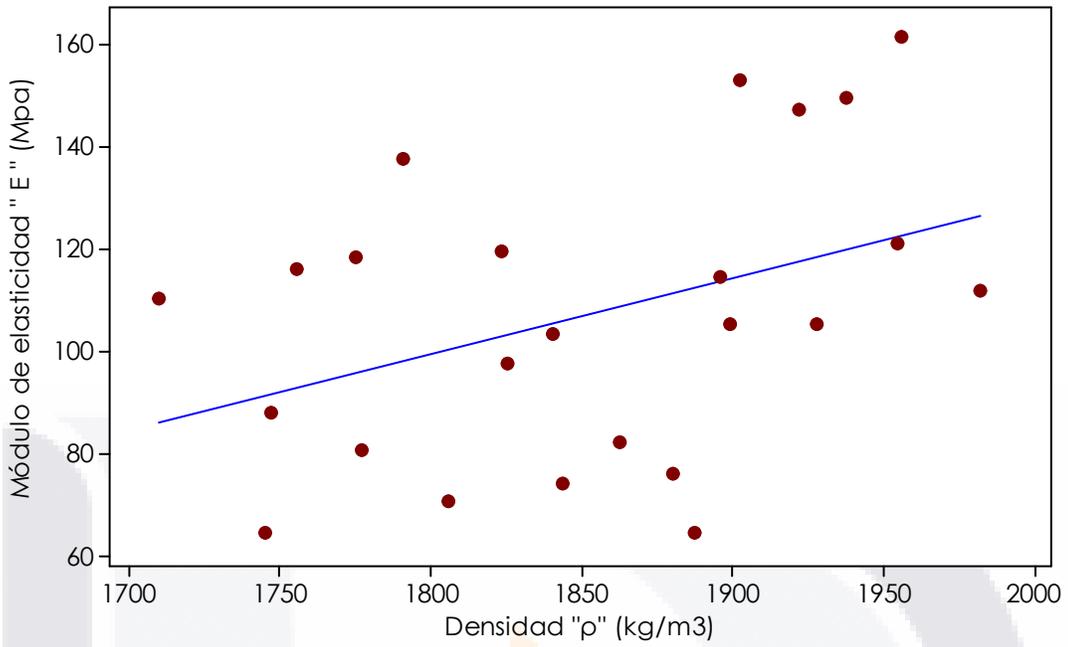


Figura 50 Gráfica de dispersión de "Densidad" contra "Módulo de elasticidad", autoría propia.

### 6.6.3 Resistencia a la compresión vs Módulo de elasticidad

Prueba de correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad de las probetas, con el objetivo de evaluar el grado de correspondencia entre ambas variables.

Se establecen las hipótesis:

H0 = La resistencia a la compresión de las probetas no está relacionada con el módulo de elasticidad de las mismas.

H1 = La resistencia a la compresión de las probetas está relacionada con el módulo de elasticidad de las mismas.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Correlación de Pearson  $r=0.934$   $P=0.000 < \alpha = 0.05$

Al tener un valor de  $P < \alpha$  se rechaza la hipótesis nula H0, por lo que se acepta la hipótesis alterna H1 asegurando que existe una correlación entre la resistencia a la compresión de las probetas y el módulo de elasticidad de las mismas con un 95% de certeza.

El valor  $r$  nos permite asegurar que existe una correlación positiva fuerte entre la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad con una correlación significativa, ya que el valor  $p$  para esta correlación es menor al nivel de significancia .05, lo que nos permite asegurar con un 95% de certeza que no es producto de casualidad.

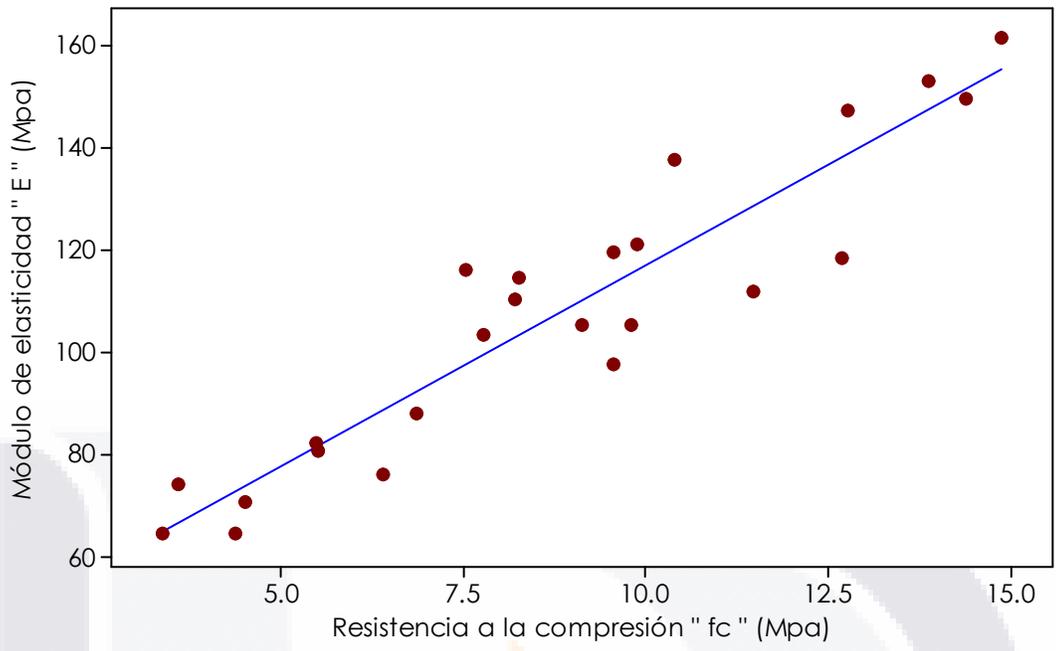


Figura 51 Gráfica de dispersión de "Resistencia a la compresión" contra "Módulo de elasticidad", autoría propia.



CAPÍTULO

VII

CONCLUSIONES

## **7. Conclusiones**

### **7.1 Conclusión general**

De manera experimental se demuestra una correlación entre la densidad, la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad. El factor que tiene una influencia comprobada en los anteriores valores es el espesor de junta, y aunque el tipo de piedra y el tipo de aparejo parecieran influir en los valores no queda comprobado estadísticamente.

### **7.2 Conclusiones Particulares**

Se ha demostrado que en probetas de mampostería de piedra unida con mortero de cal existe una correlación directa lineal, significativa, fuerte y positiva entre la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad, también se demostró que existe una correlación de débil a moderada y positiva de la densidad contra la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad, es decir, entre mayor sea la densidad mayor será la resistencia a la compresión y a su vez mayor será el módulo de elasticidad

El espesor de junta es el factor de mayor impacto en la resistencia a la compresión y en el módulo de elasticidad, debido a que las probetas fabricadas con un espesor de junta con 1.0 cm presentaron mejores propiedades mecánicas que las fabricadas con un espesor de 2.0 cm, sin embargo, no se puede afirmar estadísticamente una correlación con la densidad.

También se puede afirmar que las probetas fabricadas con el tipo de piedra riolita tienen mayores valores de módulo de elasticidad, resistencia a la compresión y densidad, en comparación con las fabricadas con el tipo de piedra cantera, sin embargo, las diferencias que permiten hacer las anteriores afirmaciones no son lo suficientemente significativas para afirmar que no son debido a la casualidad.

En cuanto al tipo de aparejo las probetas fabricadas empleando el aparejo Columna presentan valores mayores de resistencia a la compresión y densidad que las probetas fabricadas empleando el aparejo sillar, no siendo así

con el módulo de elasticidad donde el sillar presenta mayor módulo de elasticidad, sin embargo, las diferencias que permiten hacer las anteriores afirmaciones no son lo suficientemente significativas para afirmar que no son debido a la casualidad.

### **7.3 Nichos de investigación**

Los objetivos planteados inicialmente fueron truncados por la pandemia COVID-19, debido a esta situación no se sometieron a pruebas las probetas irregulares, las cuales se fabricaron y se almacenaron en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, conocer los valores que arrojan estas probetas permitiría tener más datos de referencia para futuras investigaciones.

Sería de gran utilidad de manera experimental conocer los valores del módulo de elasticidad en probetas de mayores dimensiones y con diferentes formas, lo cual reforzaría el conocimiento de mampostería de piedra unidas con mortero de cal.

## Referencias

- Borri, A., Corradi, M., Castori, G., & De Maria, A. (Septiembre de 2015). A method for the analysis and classification of historic masonry. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2647-2665. doi:10.1007/S10518-015-9731-4
- BUILD & TEST;. (2002). *BUILD & TEST*. Obtenido de <http://en.buildtest.com/index.php?id=2440>
- Cadena, J.-F. G. (2016). *ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTÓN CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES DE CAL*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23664/1/TESIS%20final%20.pdf>
- Cifuentes González, A. (27 de 06 de 2019). *soló es Ciencia*. Obtenido de <https://soloesciencia.com/2019/06/27/piedras-o-rocas/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Real%20Academia%20de,tierra%20o%20en%20el%20mar.>
- CONACULTA. (2014). *Lineamientos institucionales generales en materia de conservación del patrimonio cultural*. Ciudad México: CONACULTA.
- De Loera Aguilera, J. A. (2018). *CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE AGREGADOS PÉTREOS EN MORTEROS DE CAL*. Aguascalientes, Aguascalientes, Mexico: Departamento de construcción y Estructuras, Centro del diseño y de la Construcción, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Del-Real Dávalos, J. A. (2013). *Influencia del curado con CO2 en Mampostería*. Nuevo Leon: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Diario Oficial de la Federación. (2001). *NMX-C-061-ONNCCE-2001, INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMENTO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CEMENTANTES HIDRAULICOS*. Ciudad de México: DOF.
- Flores Cano, A. (2010). *Modelos esfuerzo-deformación para mampostería fabricada en México D.F.* D.F., México: Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información. Recuperado el 6 de Junio de 2019, de [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5733/Modelos\\_esfuerzo\\_deformacion\\_mamposteria\\_2010\\_Flores\\_MIES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5733/Modelos_esfuerzo_deformacion_mamposteria_2010_Flores_MIES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gálvez-González, L. A. (s.f.). El patrimonio cultural. Las zonas de monumentos históricos. 258. Obtenido de [http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LX/patri\\_cultu\\_lx.pdf](http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LX/patri_cultu_lx.pdf)
- García Salas, F. (2016). *Caracterización técnica-económica de aplanados de mortero de distintas bases químicas utilizadas en el Estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, Ags.: Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción.
- Glosario ilustrado de arte arquitectónico. (2021). *glosarioarquitectonico*. Obtenido de <https://www.glosarioarquitectonico.com/glossary/mampuesto/>

González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA. (2018). *Conservación preventiva para todos*. México, D.F.: INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA.

LEY FEDERAL SOBRE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICOS, ARTÍSTICOS E HISTÓRICOS. (6 de Mayo de 1972). Diario Oficial de la Federación.

M. Gere, J. (2002). *MECANICA DE MATERIALES*. Mexico, D.F.: THOMSON LEARNING.

Marzua. (3 de junio de 2013). *Marzua*. Obtenido de <https://marzua.blogspot.com/2013/06/aparejo-de-ladrillo.html>

Mayes, R. L., & Clough, R. W. (1975). *A LITERATURE SURVEY-COMPRESSIVE, TENSILE, BOND AND SHEAR STRENGTH OF MASONRY*. Berkeley, California, Estados Unidos de America: National Science Foundation.

Meli, R. (1998). *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*. México D.F.: Fundación ICA. A.C.

Minitab. (20 de 01 de 2021). *Minitab*. Obtenido de Minitab: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/understanding-analysis-of-means/>

Monzón, M.-J. F. (2018). *Caracterización de la degradación de las propiedades mecánicas de la mampostería por efecto del interperismo*. Aguascalientes, Ags.: Universidad Autonoma de Aguascalientes.

Olarte, J., Proaño, R., Scaletti, H., Torres, M., & Zavala, C. (8 de Octubre de 2014). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA CATEDRAL DEL CUSCO*. Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/242251431\\_EVALUACION\\_DE\\_LA\\_VULNERABILIDAD\\_SISMICA\\_DE\\_LA\\_CATEDRAL\\_DEL\\_CUSCO](https://www.researchgate.net/publication/242251431_EVALUACION_DE_LA_VULNERABILIDAD_SISMICA_DE_LA_CATEDRAL_DEL_CUSCO)

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C. (2014). *NMX-C-083-ONNCCE-2014, INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA CONSTRUCCIÓN DE ESPECIMENES - METODOS DE ENSAYO*. Ciudad de México: ONNCCE, S. C., MMXV.

Padilla Ceniceros, R. (2017). *DESARROLLO Y ADAPTACIÓN DE TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SISTEMAS CONSTRUCCTIVOS EN EDIFICIOS PATRIMONIALES CON MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO HISTÓRICO*. Aguascalientes: Centro de ciencias de dieños y de la construcción, Universidad Autonoma de Aguascalientes.

Peña Mondragón, F. (2010). Estrategias para el modelado y el análisis sísmico de estructuras históricas. *Ingeniería sísmica*, 43-63.

Real Academia Española. (2021). *Diccionario de la lengua española 23.4* . Obtenido de <https://dle.rae.es>

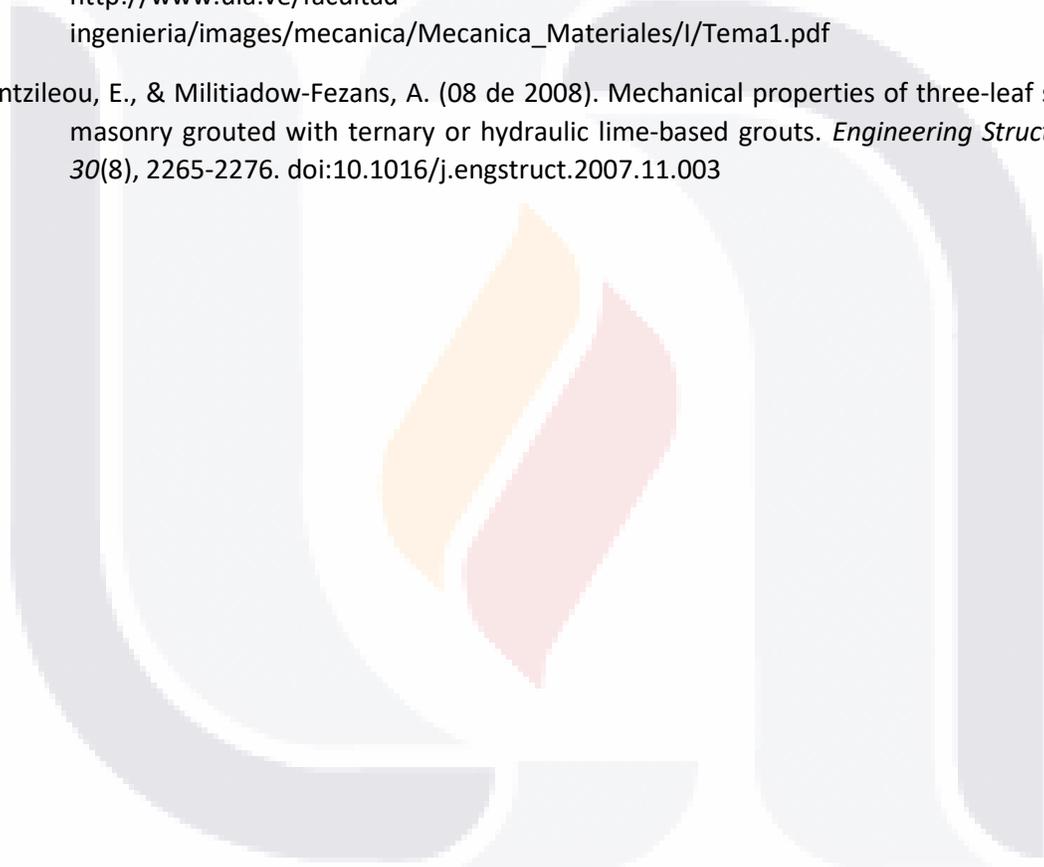
Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero. 5 ed.* Santa Fé de Bogotá, Colombia: bhandar Editores Ltda.

Sanz, N. (2008). *Directrices Prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial.* Paris, Francia: Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO.

Sepulcre Aguilar, A. (2005). *INFLUENCIA DE LAS ADICIONES PUZOLÁNICAS EN LOS MORTEROS DE RESTAURACIÓN DE FÁBRICAS DE INTERÉS HISTÓRICO-ARTÍSTICO.* Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Obtenido de [http://oa.upm.es/264/1/Alberto\\_Sepulcre.pdf](http://oa.upm.es/264/1/Alberto_Sepulcre.pdf)

Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. (2016). *ula.ve.* Obtenido de [http://www.ula.ve/facultad-ingenieria/images/mecanica/Mecanica\\_Materiales/I/Tema1.pdf](http://www.ula.ve/facultad-ingenieria/images/mecanica/Mecanica_Materiales/I/Tema1.pdf)

Vintzileou, E., & Militiadou-Fezans, A. (08 de 2008). Mechanical properties of three-leaf stone masonry grouted with ternary or hydraulic lime-based grouts. *Engineering Structures*, 30(8), 2265-2276. doi:10.1016/j.engstruct.2007.11.003



TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXOS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : C-C-1.0-3

Fecha ensayo : 07/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.2\*99.2\*200.0      Area (mm<sup>2</sup>): 9748.0

Edad : 251      Peso (Kg) : 3.461

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 30/01/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 1.00$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 118.59

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 4.01$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 118.31

$\epsilon_{f1} -347657.9\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 1.01$     MPa

$\epsilon_{f2} -322283.4\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 4.01$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0005      Fecha certificado : 07/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

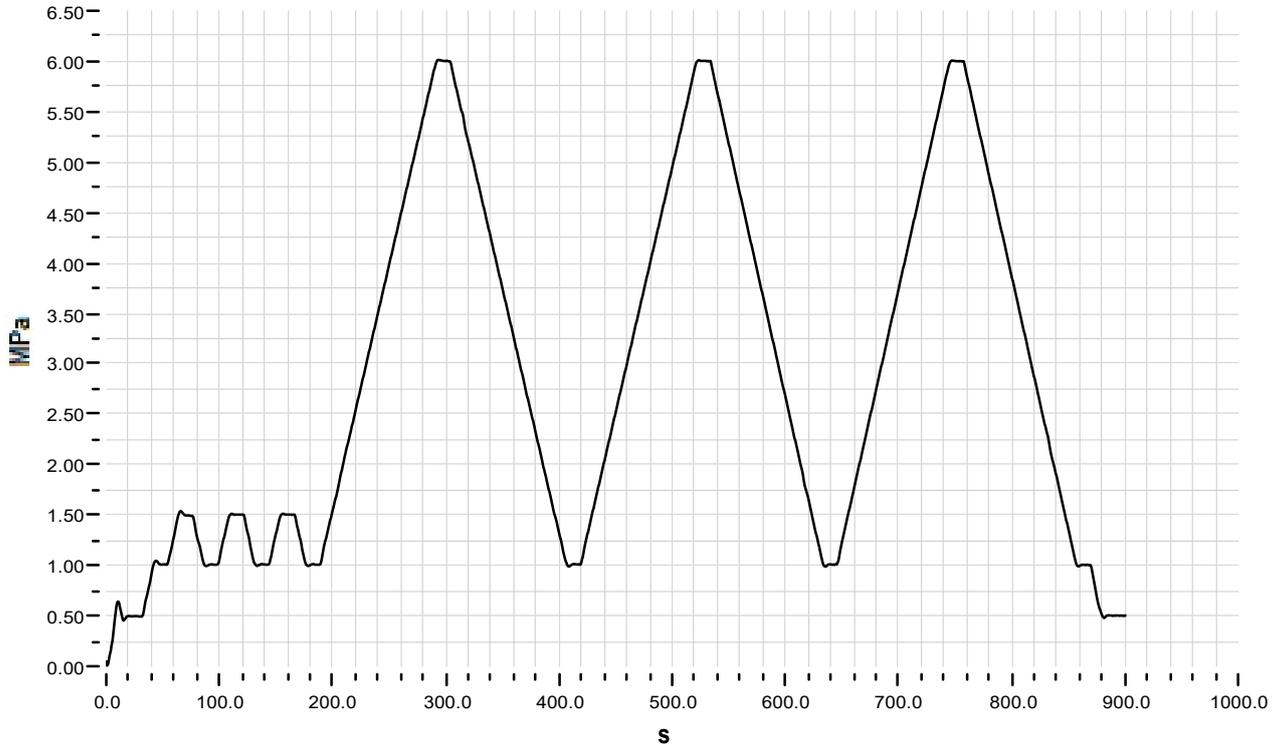
Notas :

---

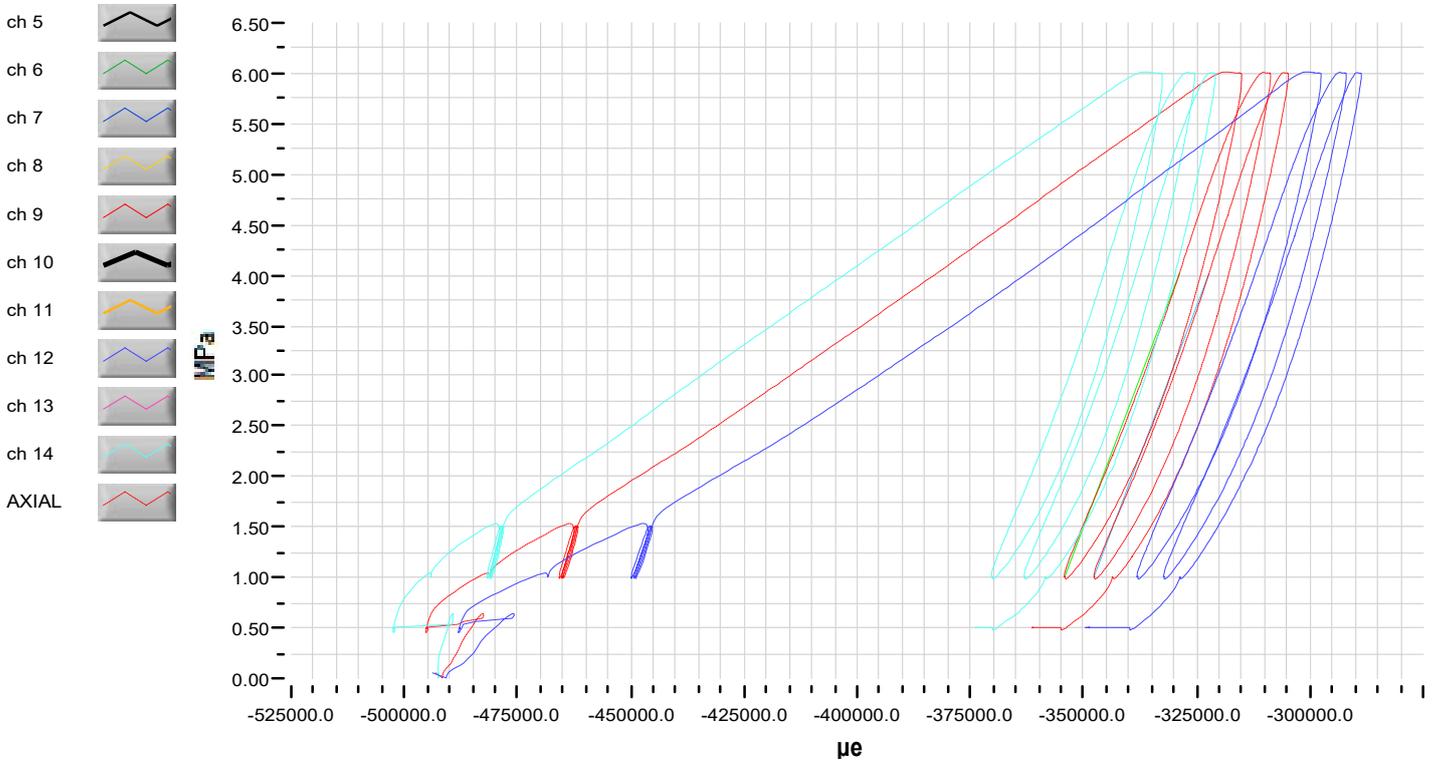
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0005

Fecha : 07/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : C-C-1.5-1

Fecha ensayo : 09/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 99.0\*98.5\*199.0      Area (mm<sup>2</sup>): 9748.3

Edad : 246      Peso (Kg) : 3.405

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 06/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 0.61$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 116.73

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 2.40$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 115.60

$\epsilon_{f1} -415701.7\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 0.60$     MPa

$\epsilon_{f2} -400066.7\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 2.41$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0013      Fecha certificado : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

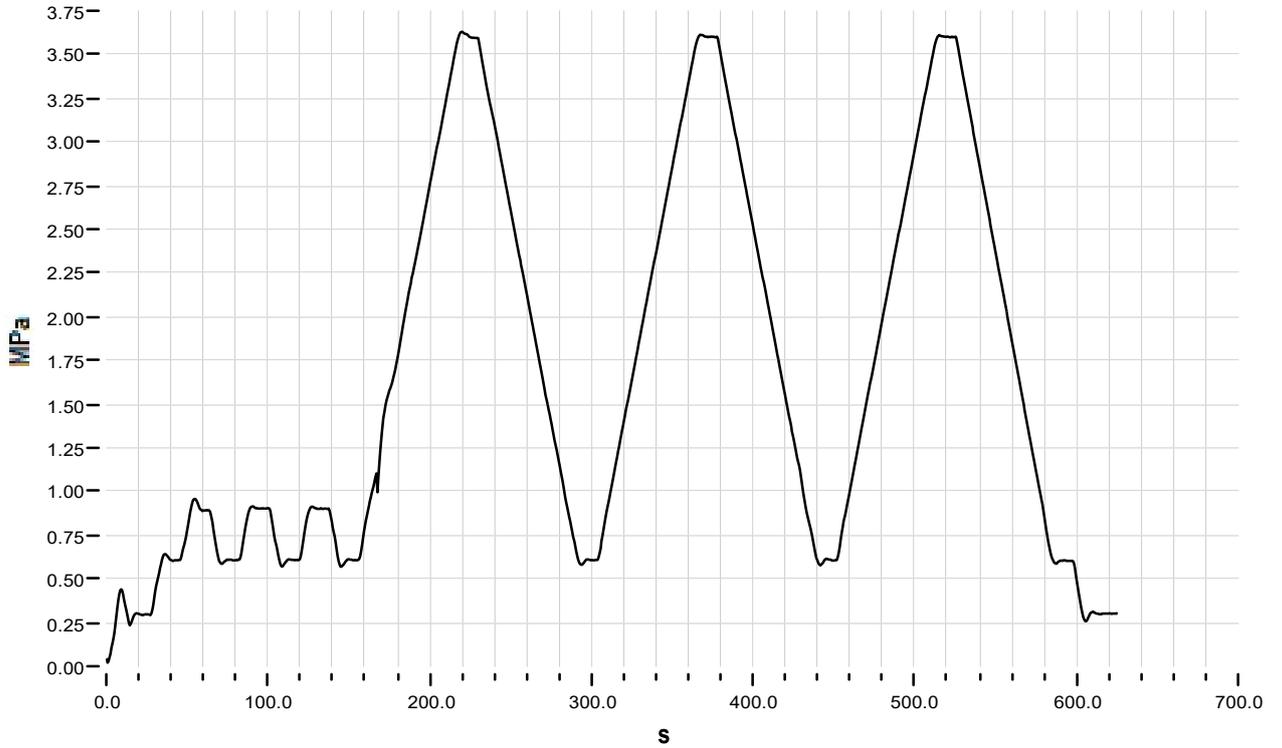
---

Operador      Miguel Angel Flores Olivares

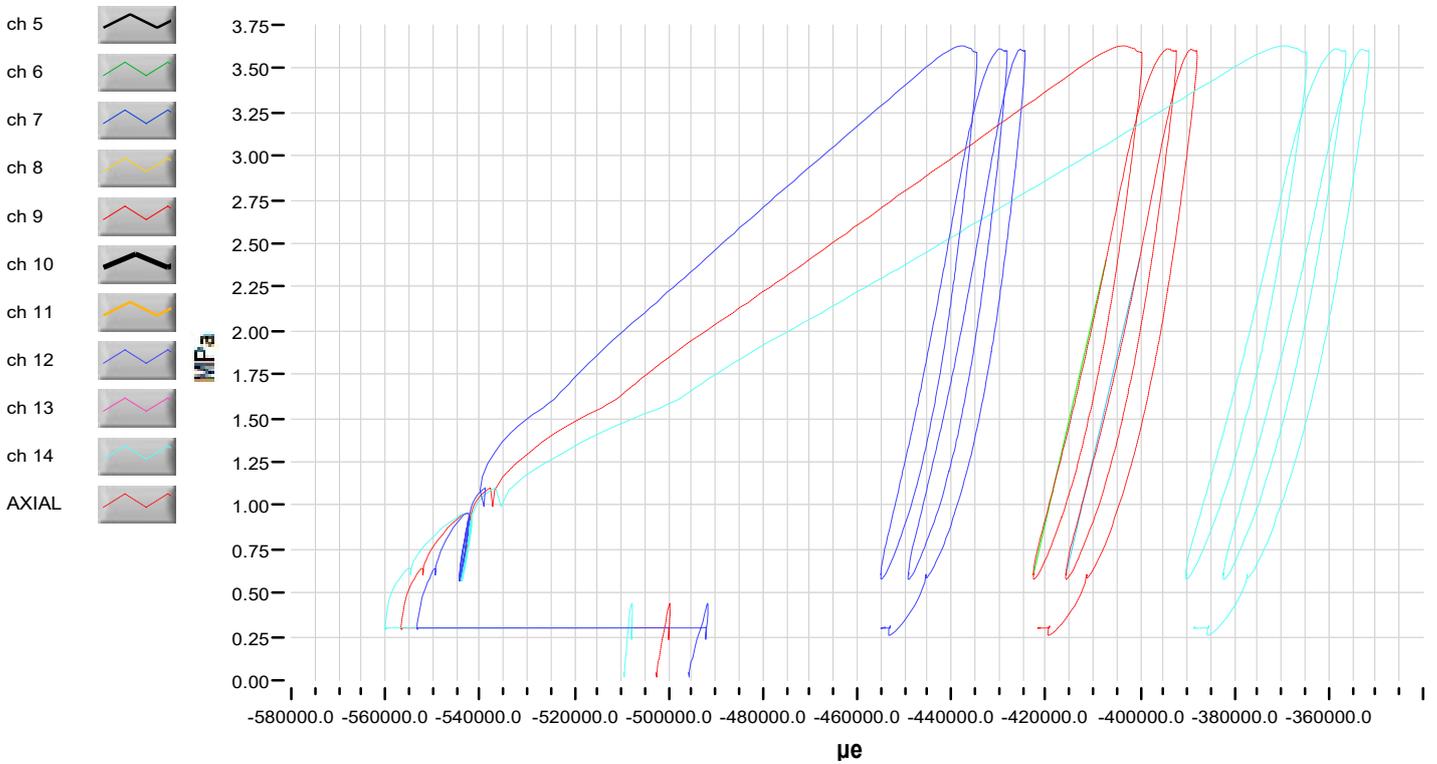
Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0013

Fecha : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : C-C-1.5-2

Fecha ensayo : 09/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.5\*99.0\*199.5      Area (mm<sup>2</sup>): 9748.3

Edad : 246      Peso (Kg) : 3.579

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 06/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 0.60$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 103.79

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 2.41$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 102.75

$\epsilon_{f1} = -515525.2\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 0.61$     MPa

$\epsilon_{f2} = -497882.6\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 2.42$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0012

Fecha certificado : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

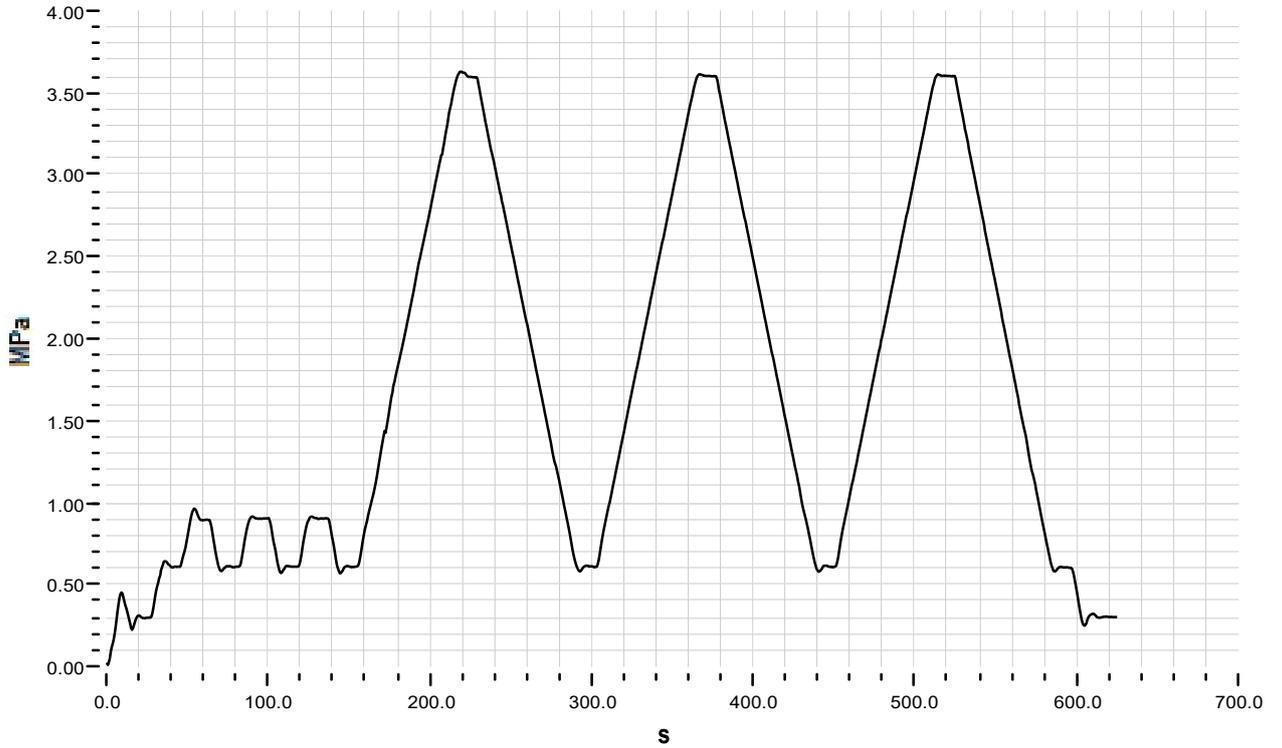
Notas :

---

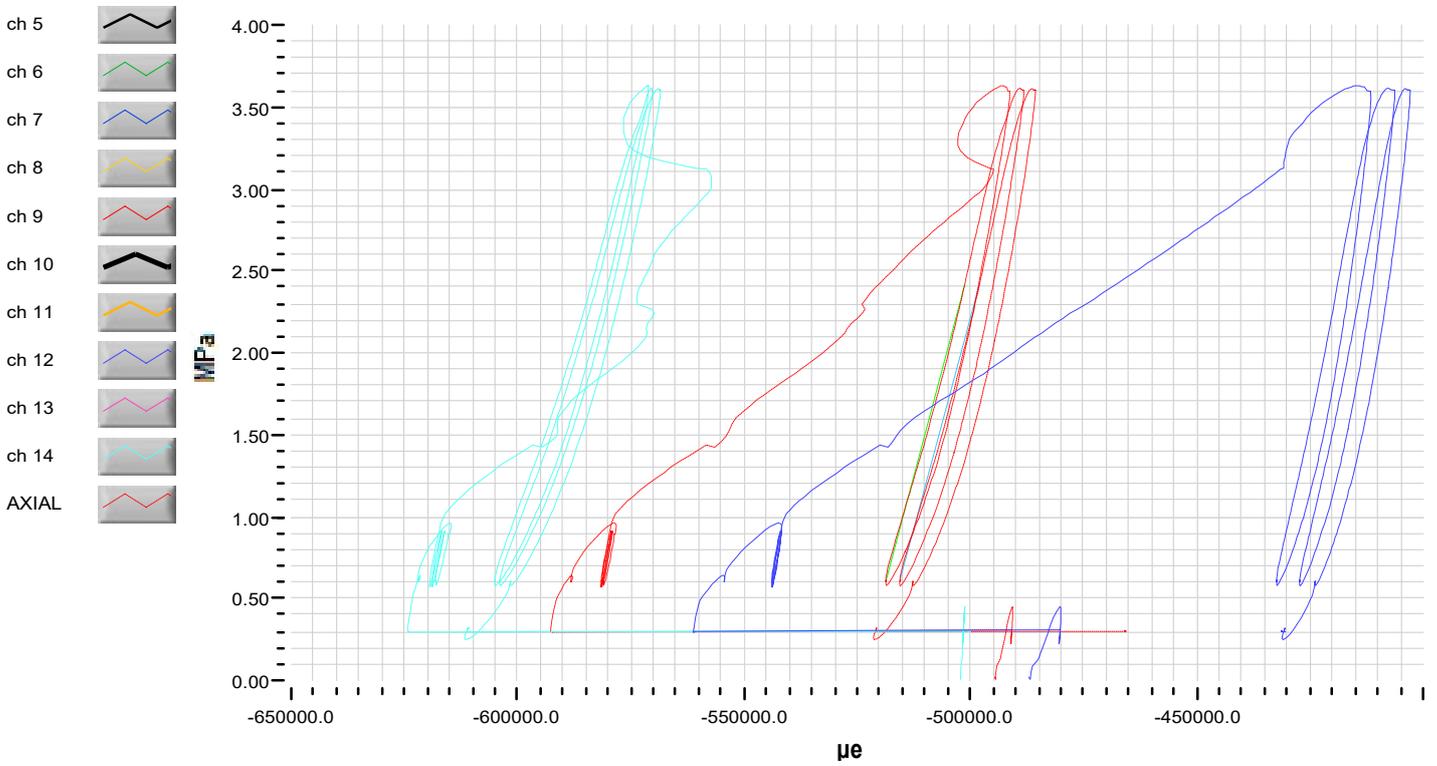
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0012

Fecha : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : C-C-2.0-1

*Fecha ensayo* : 13/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 98.5\*98.3\*199.0 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9722.7

*Edad* : 194 *Peso* (Kg) : 3.652

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 02/04/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = -41726 \mu e$   $\sigma_{i1} = 0.41$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 64.11

$\epsilon_{i2} = \mu e$   $\sigma_{i2} = 1.61$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 65.31

$\epsilon_{f1} = -30207.3 \mu e$   $\sigma_{f1} = 0.41$  MPa

$\epsilon_{f2} = -11916.4 \mu e$   $\sigma_{f2} = 1.60$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0019 *Fecha certificado* : 13/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

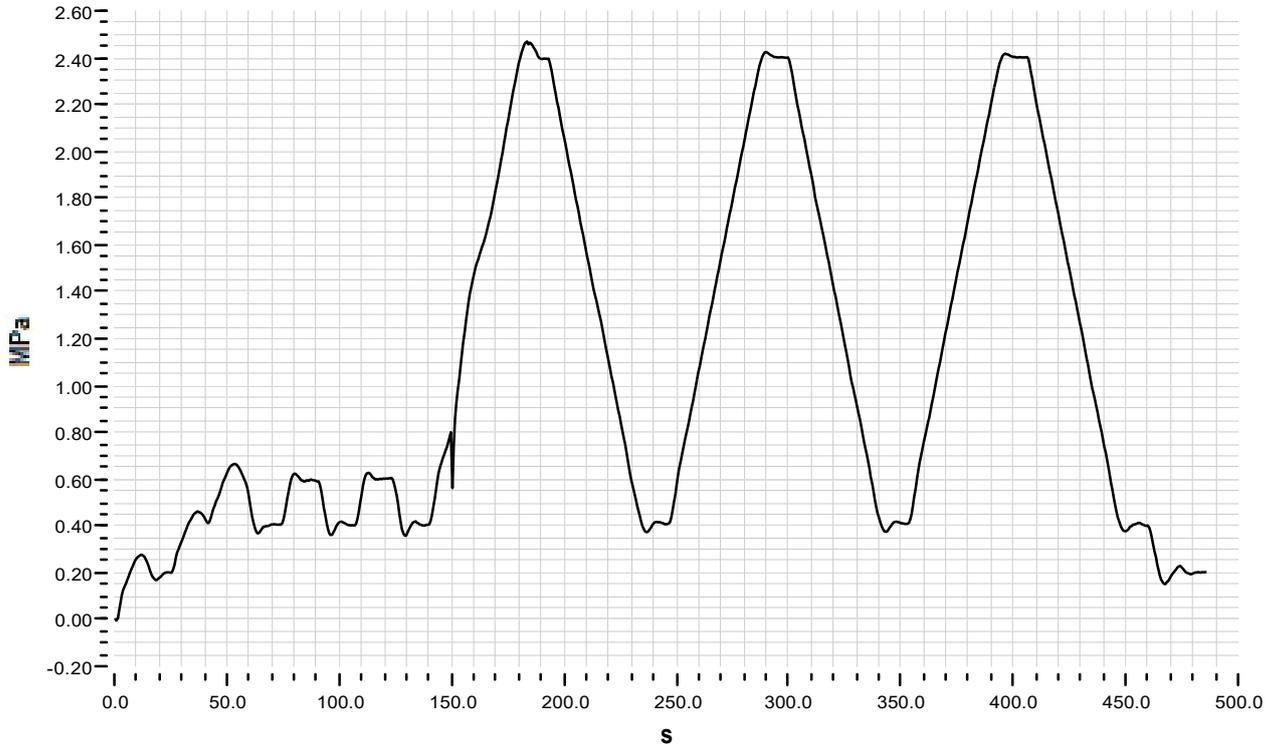
*Notas* :

---

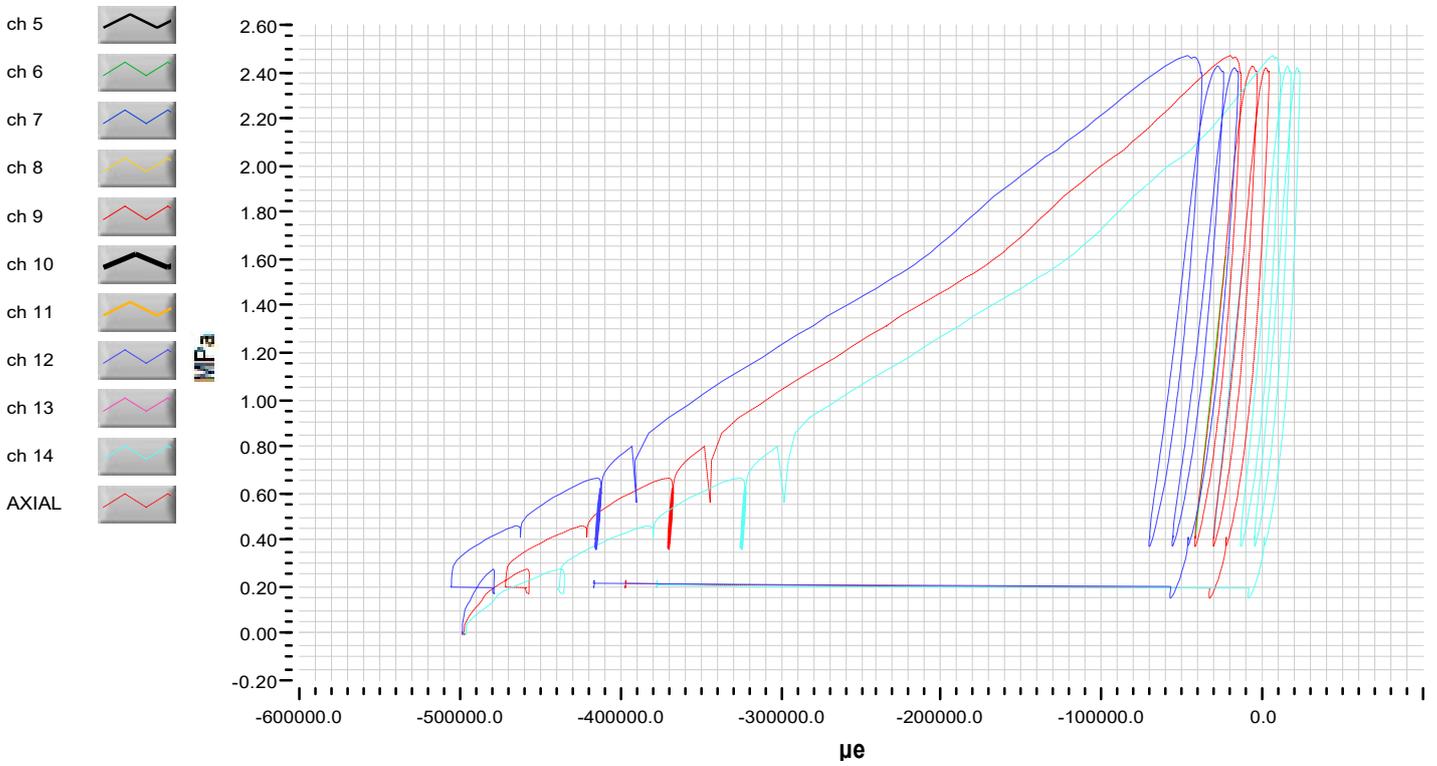
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0019

Fecha : 13/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : C-C-2.0-2

*Fecha ensayo* : 12/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 98.8\*99.1\*200.0 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9761.0

*Edad* : 193 *Peso* (Kg) : 3.406

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 02/04/2020

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.41$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 65.13

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 1.61$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 64.10

$\epsilon_{f1} -131584.7\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.41$  MPa

$\epsilon_{f2} -112937.2\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 1.60$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

*Numero certificado* : 0018

*Fecha certificado* : 12/10/2020

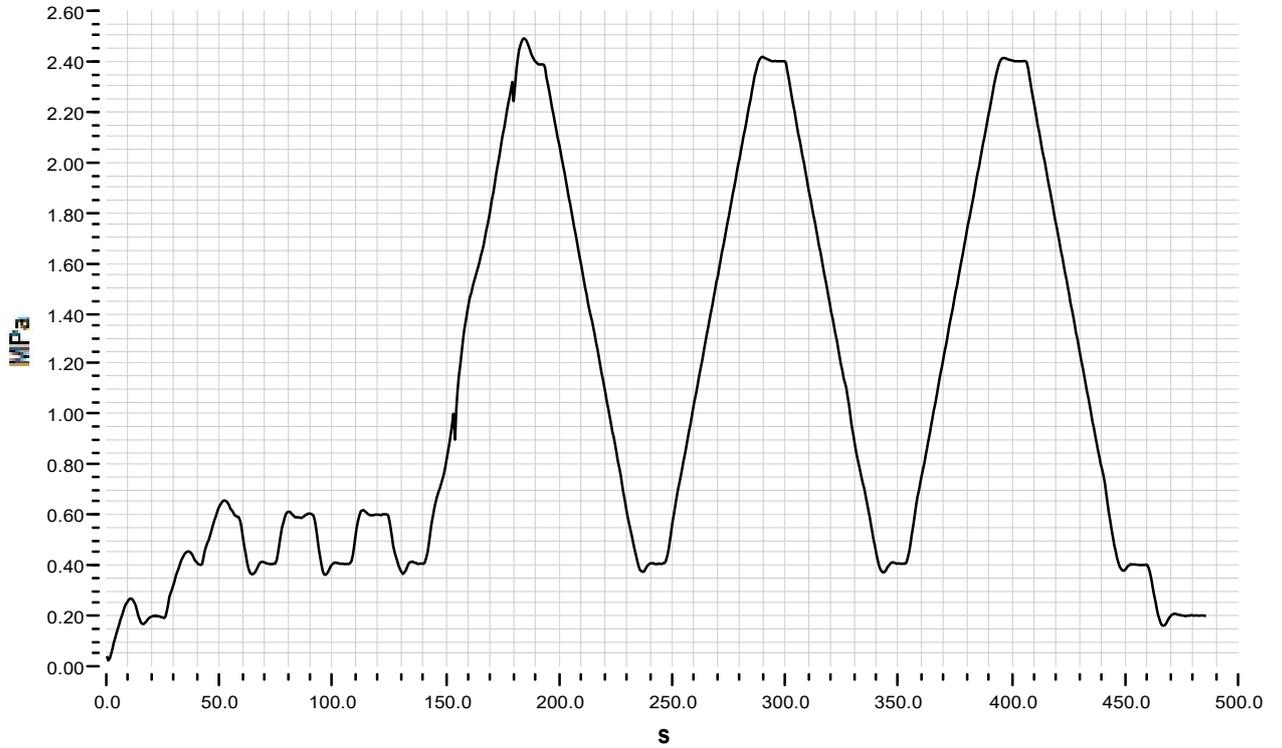
*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

*Notas* :

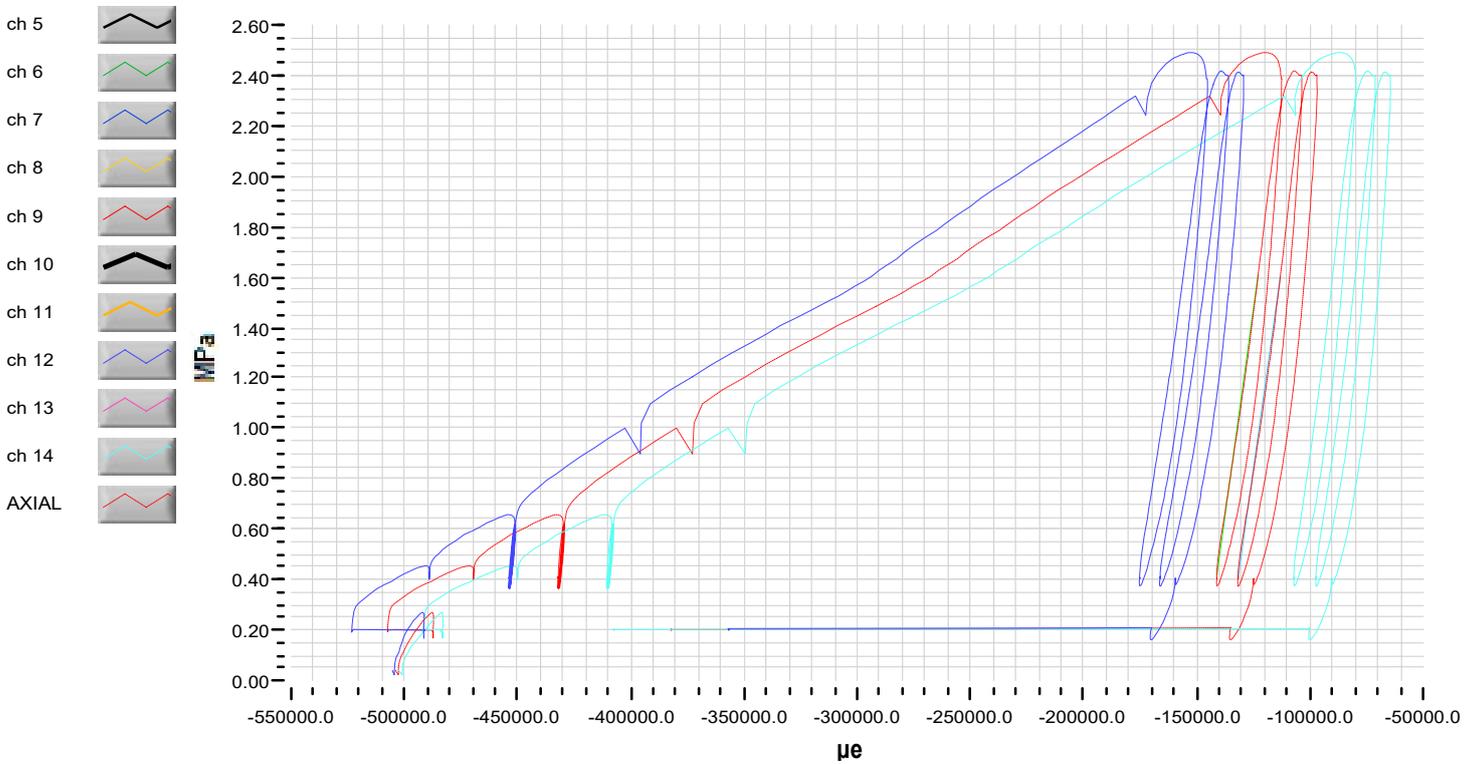
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0018

Fecha : 12/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : C-S-1.0-1

*Fecha ensayo* : 06/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 9.90\*9.91\*19.97 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9811.6

*Edad* : 140 *Peso* (Kg) : 3.573

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 19/05/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 1.01$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 120.08

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 4.02$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 118.73

$\epsilon_{f1} = -279278.6\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 1.03$  MPa

$\epsilon_{f2} = -253872.5\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 4.05$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0001 *Fecha certificado* : 06/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

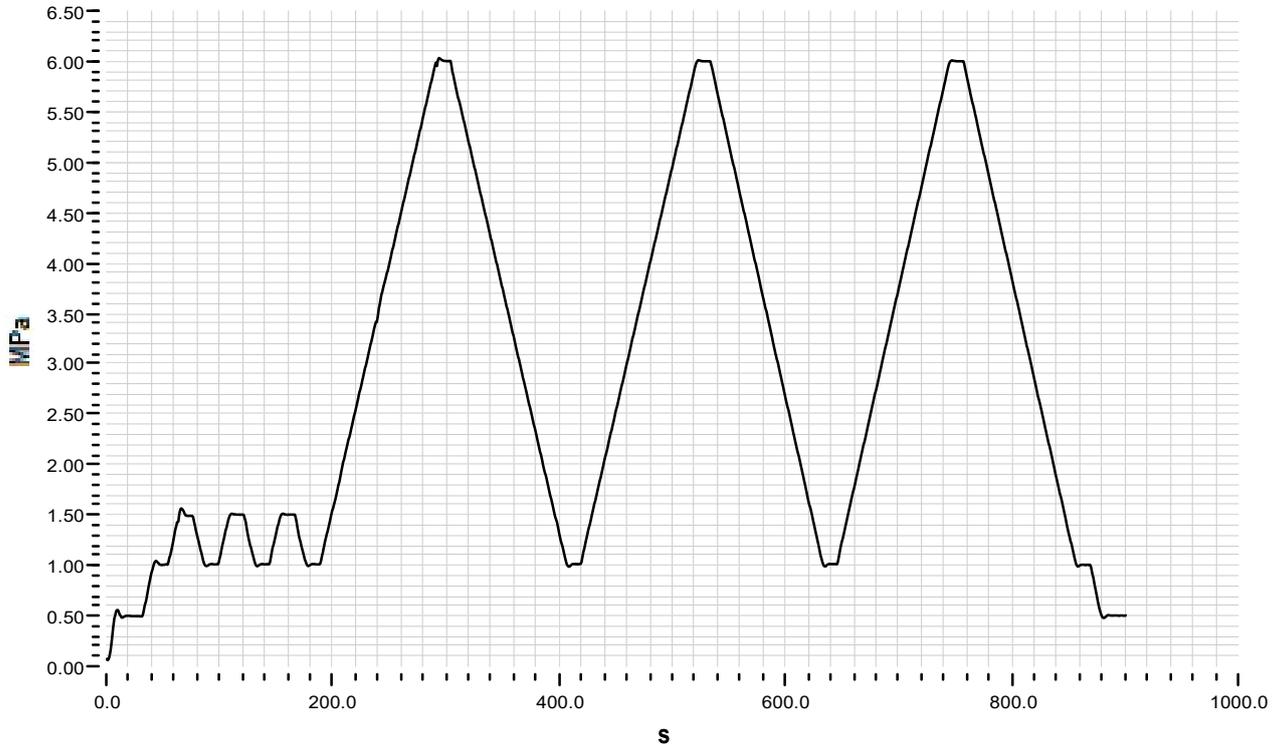
*Notas* :

---

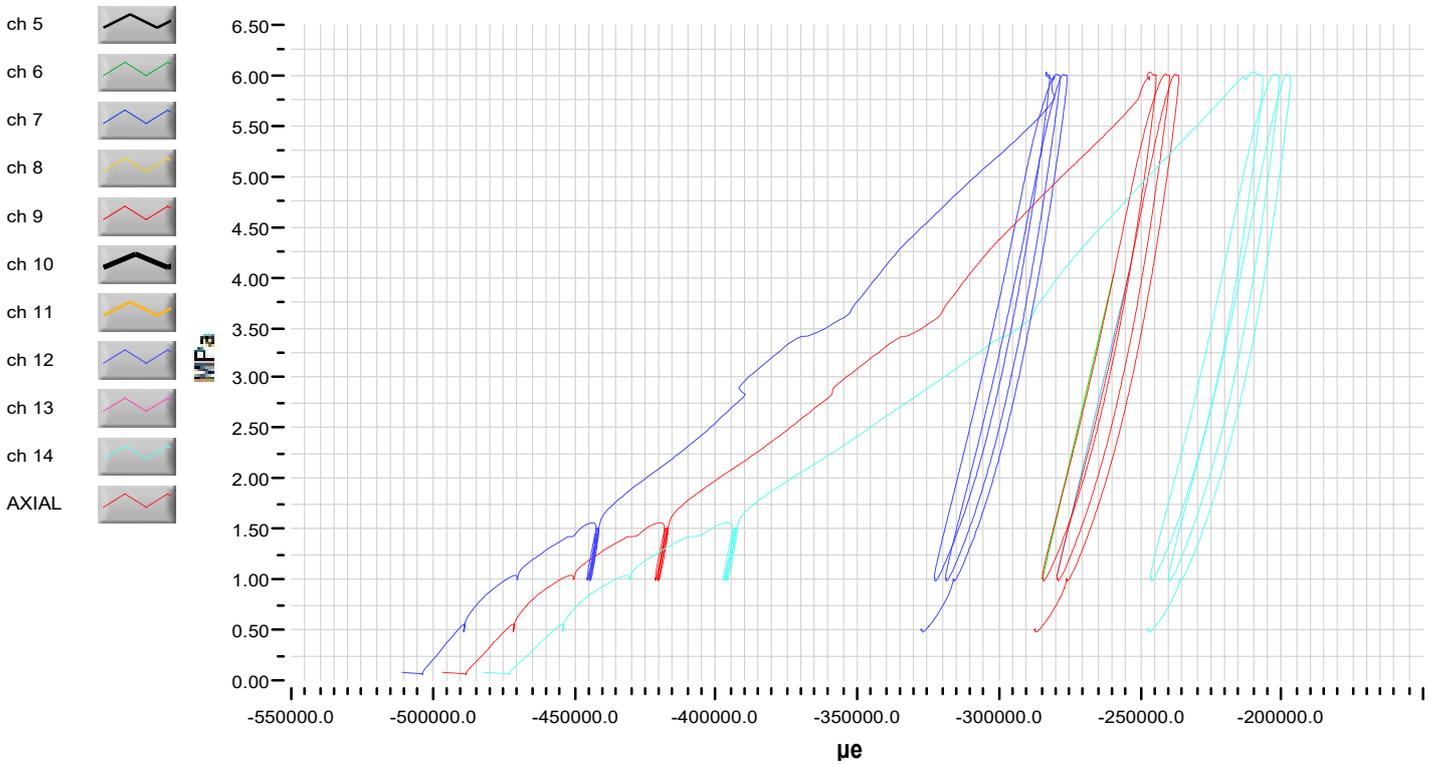
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0001

Fecha : 06/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**UAA**

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : C-S-1.0-2

*Fecha ensayo* : 06/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 99.0\*98.8\*200.5      *Area* (mm<sup>2</sup>): 9786.3

*Edad* : 252      *Peso* (Kg) : 3.514

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F      *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 28/01/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 6.00$     MPa      *Modulo Elastico*    MPa      : 136.67

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 0.98$     MPa      *Modulo Elastico*    MPa      : 138.58

$\epsilon_{f1} -329960.5\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 6.00$     MPa

$\epsilon_{f2} -366132.9\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 0.98$     MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0002      *Fecha certificado* : 06/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

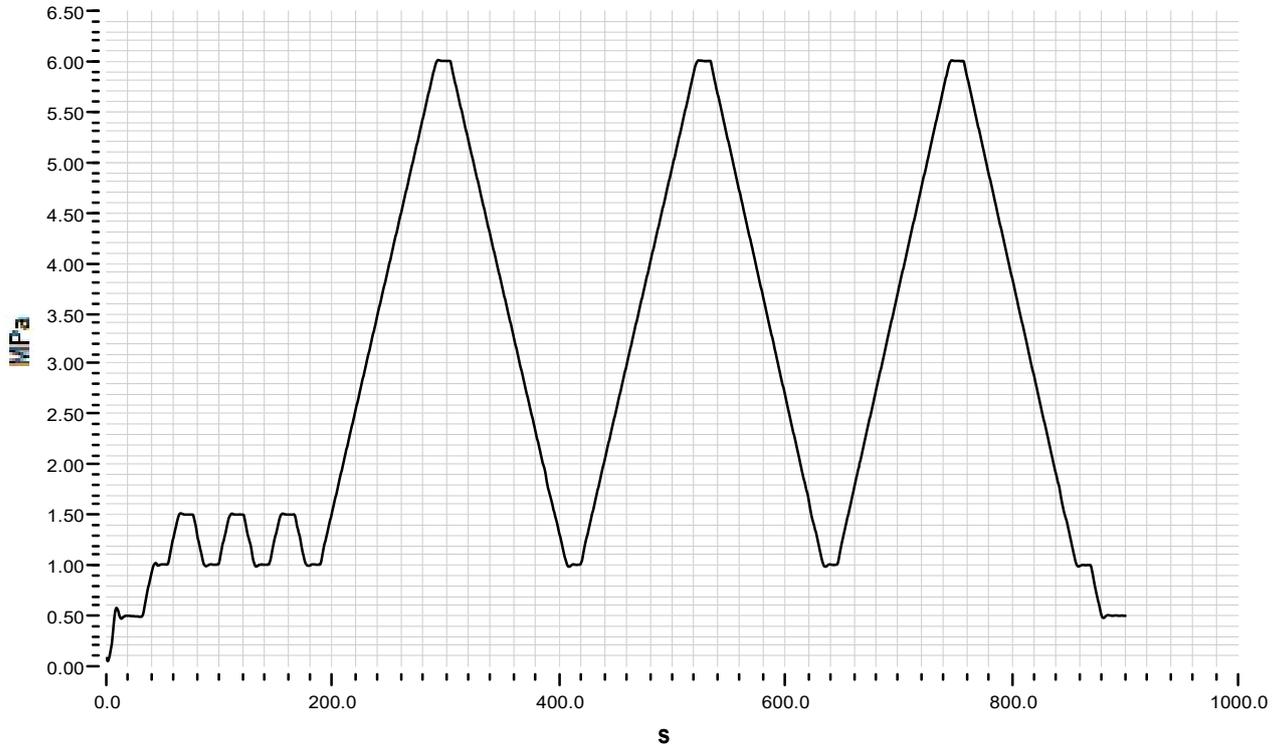
*Notas* :

---

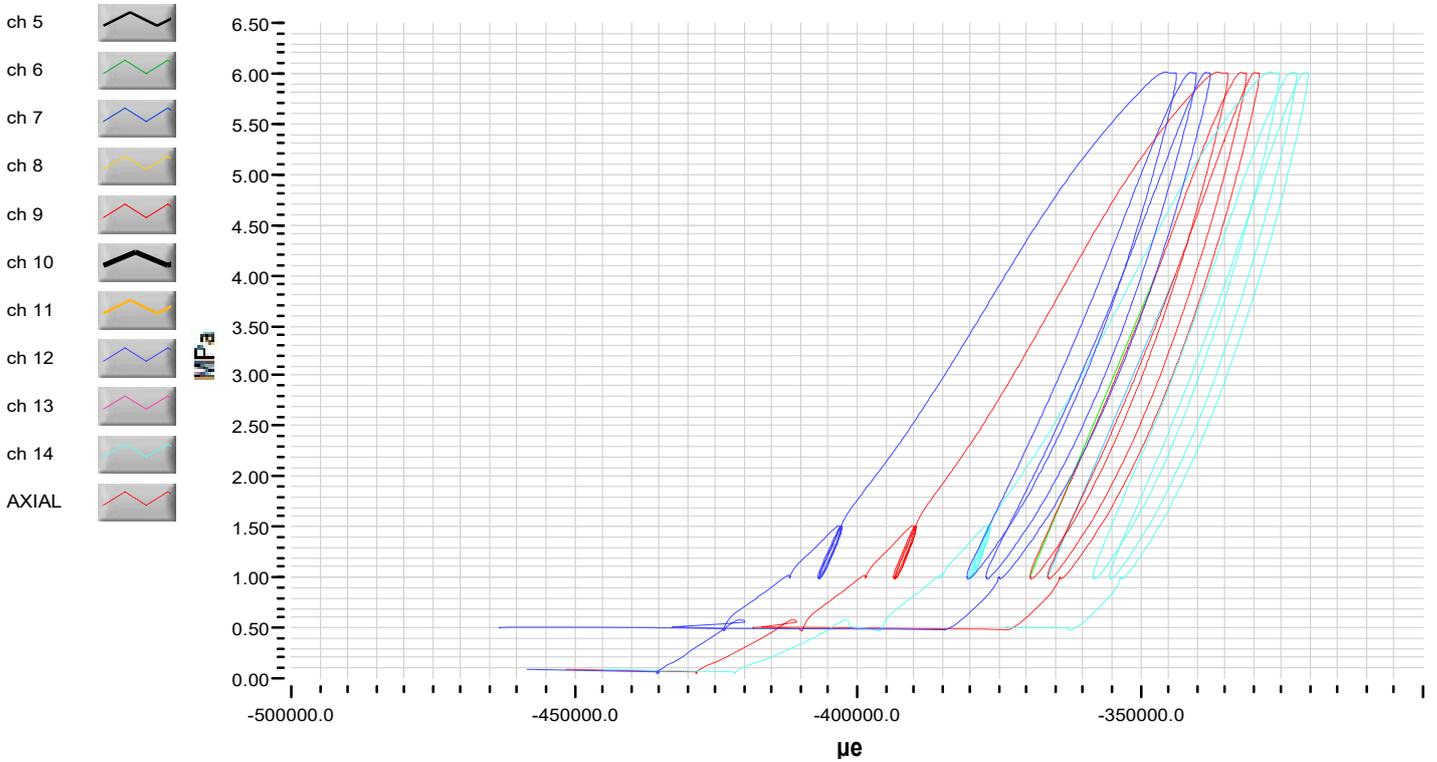
*Operador*      Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0002

Fecha : 06/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : C-S-1.5-1

*Fecha ensayo* : 09/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 98.8\*99.6\*199.7 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9849.3

*Edad* : 253 *Peso* (Kg) : 3.437

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 30/01/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.61$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 88.89

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 2.41$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 86.95

$\epsilon_{f1} -346557.5\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.61$  MPa

$\epsilon_{f2} -326031.3\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 2.40$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0011 *Fecha certificado* : 09/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

*Notas* :

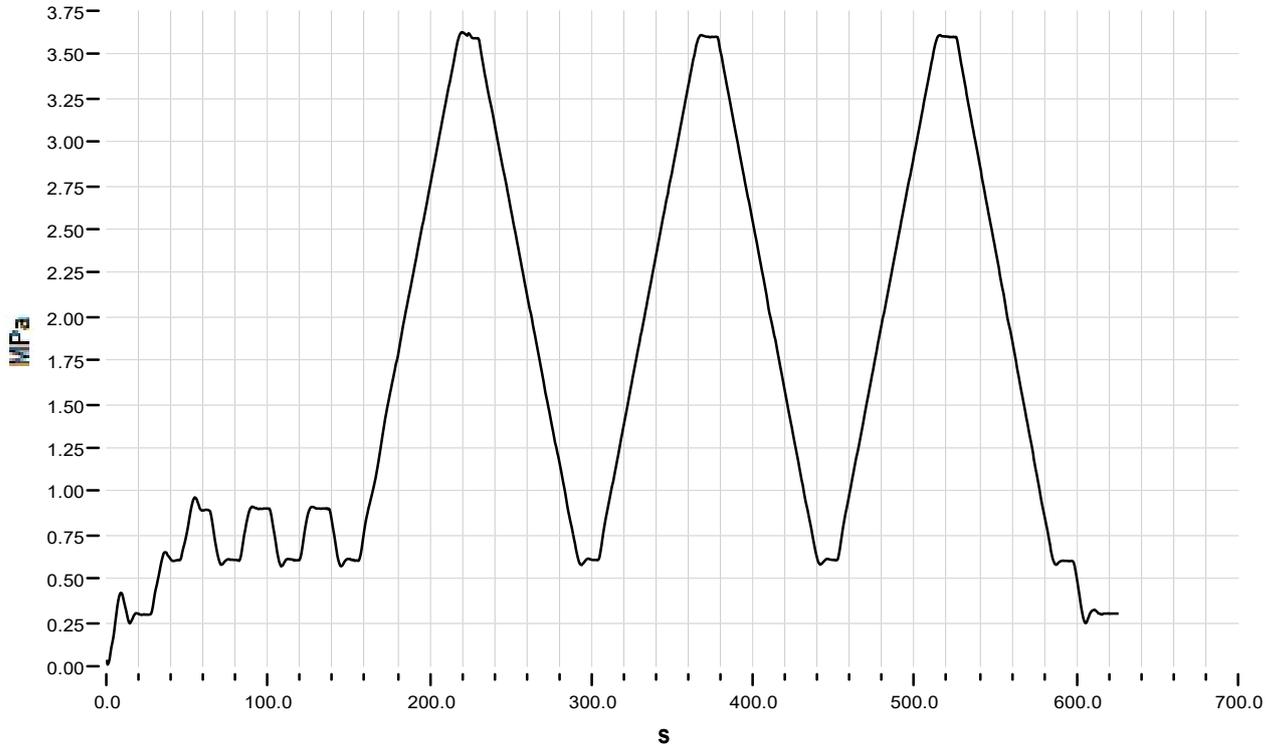
---

*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

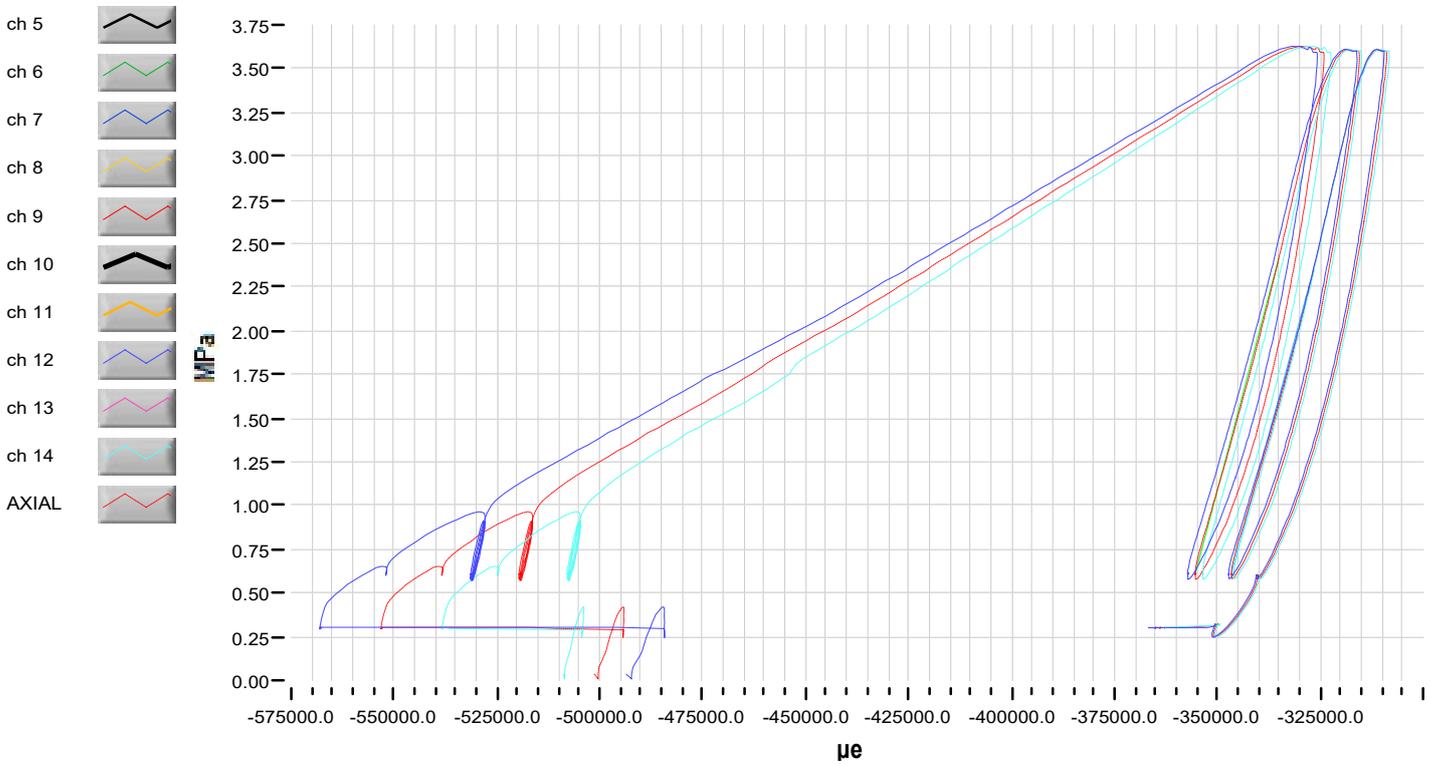
*Titulo* : Ingeniero Civil

UAA

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0011

Fecha : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : C-S-1.5-3

Fecha ensayo : 09/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.5\*98.5\*200.0      Area (mm<sup>2</sup>): 9697.7

Edad : 246      Peso (Kg) : 3.316

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 06/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 0.60$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 111.54

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 2.40$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 109.16

$\epsilon_{f1} -382838.9\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 0.61$     MPa

$\epsilon_{f2} -366303.3\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 2.41$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0010      Fecha certificado : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

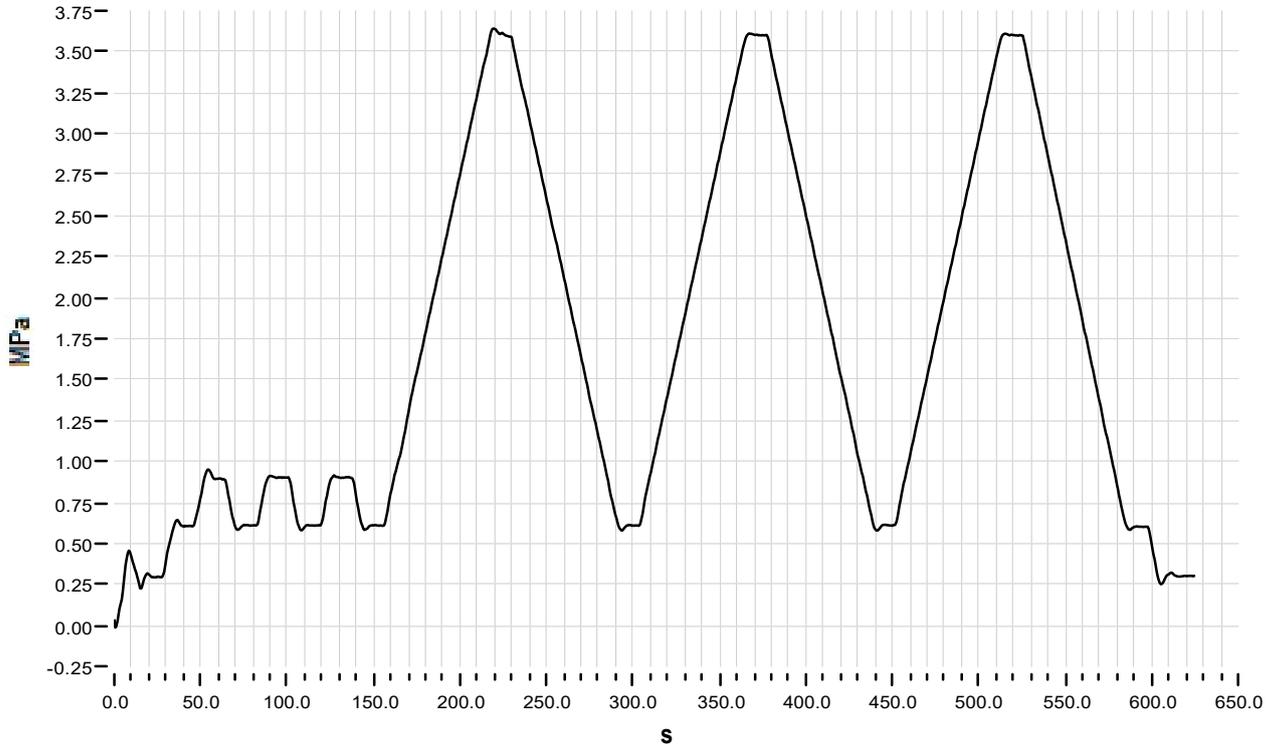
Notas :

---

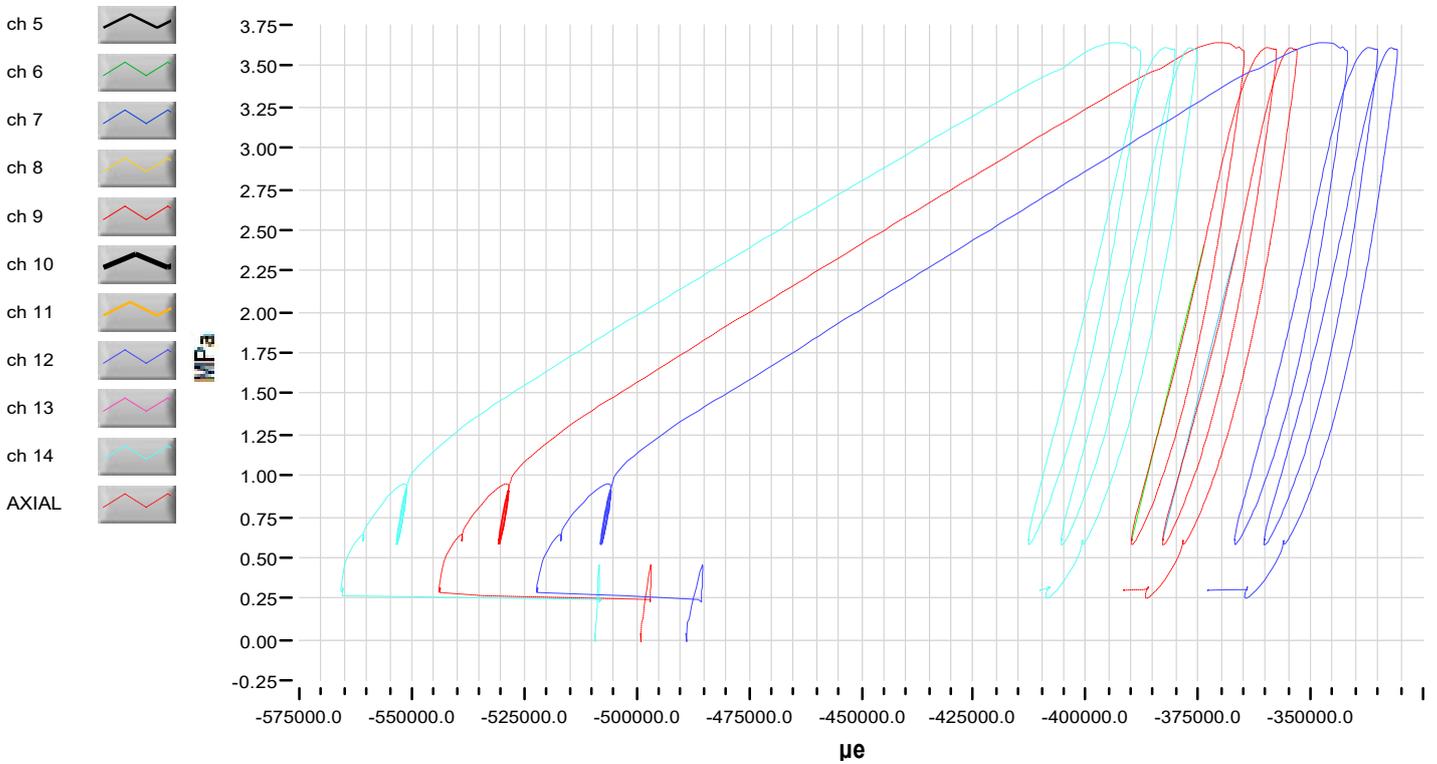
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0010

Fecha : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : C-S-2.0-2

Fecha ensayo : 14/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.8\*98.6\*199.5      Area (mm<sup>2</sup>): 9748.2

Edad : 244      Peso (Kg) : 3.456

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 13/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 0.40$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 81.19

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 1.62$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 80.51

$\epsilon_{f1} = -357972.0\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 0.40$     MPa

$\epsilon_{f2} = -343066.7\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 1.60$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0023      Fecha certificado : 14/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

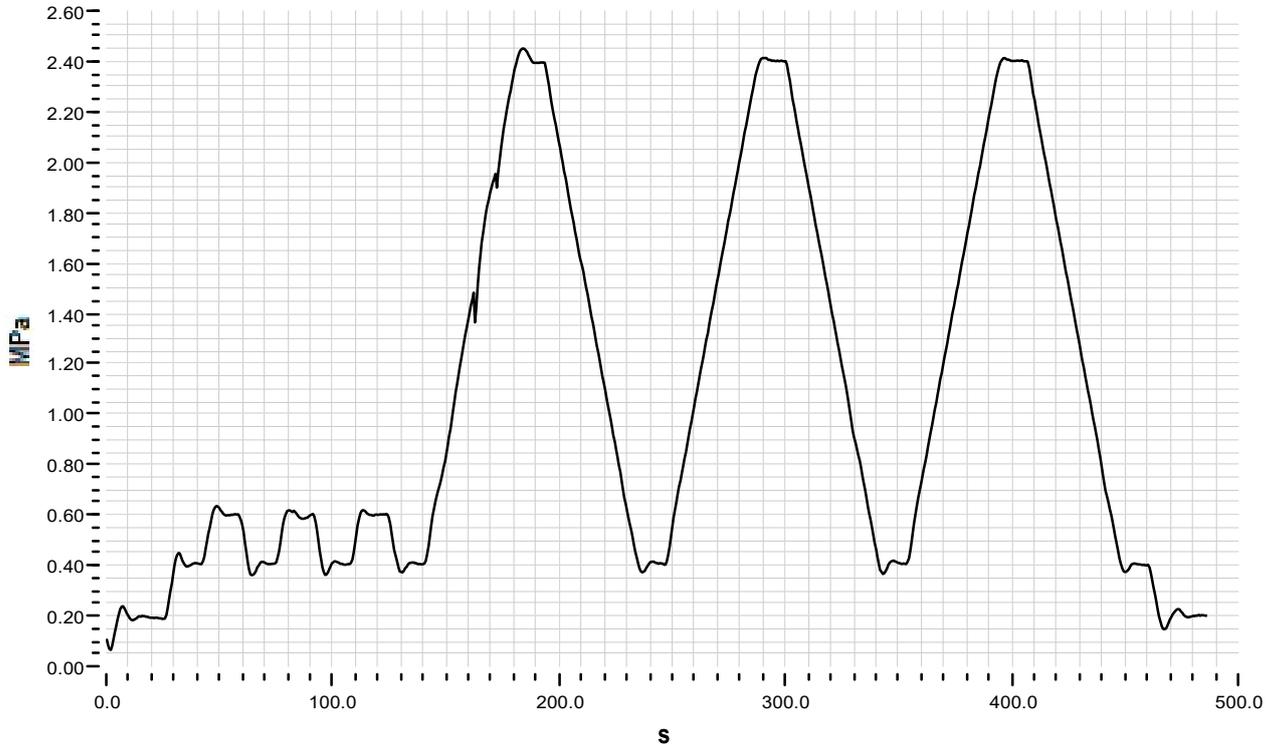
Notas :

---

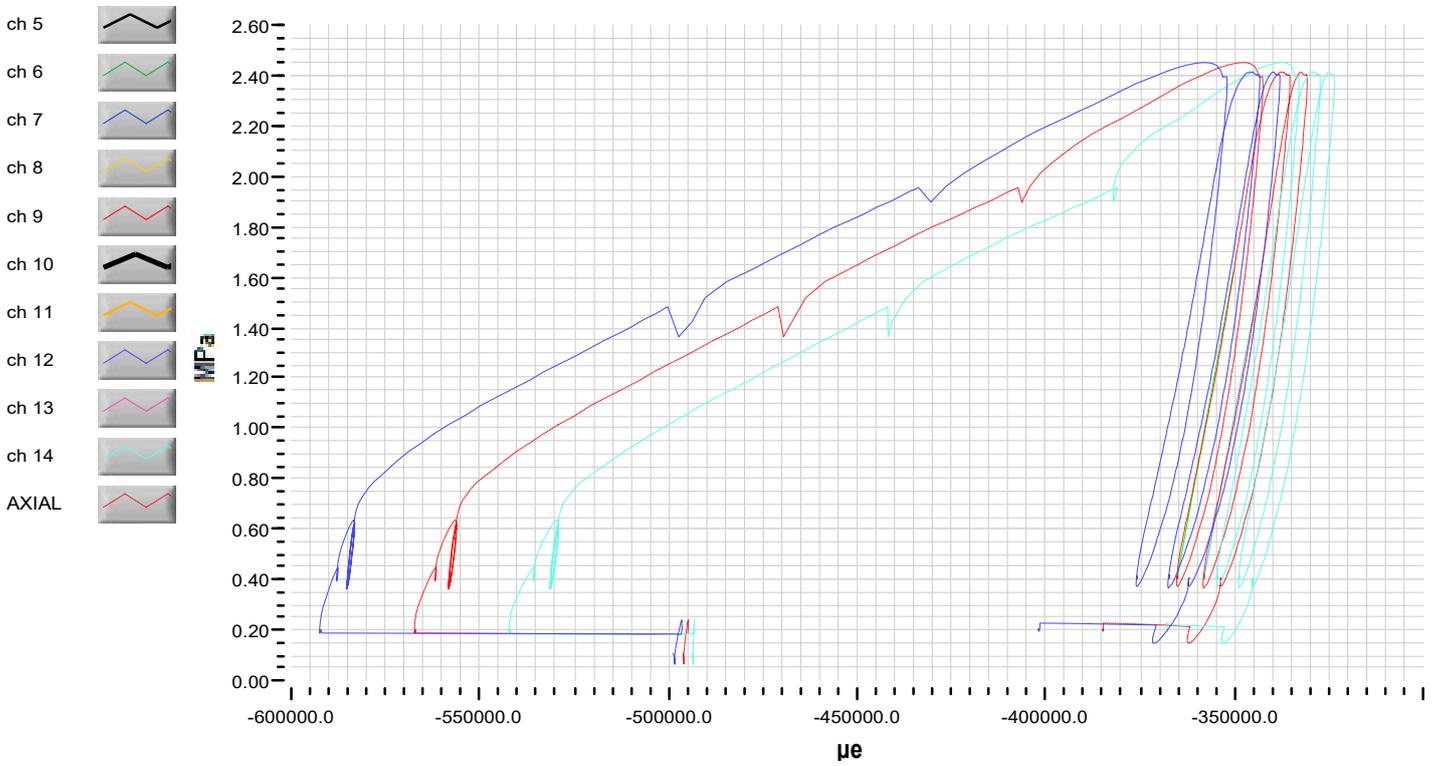
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0023

Fecha : 14/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : C-S-2.0-3

*Fecha ensayo* : 14/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 98.7\*99.0\*199.2 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9773.7

*Edad* : 244 *Peso* (Kg) : 3.516

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 13/02/2020

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.41$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 71.81

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 1.62$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 69.61

$\epsilon_{f1} -357188.9\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.41$  MPa

$\epsilon_{f2} -339919.2\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 1.61$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

*Numero certificado* : 0022 *Fecha certificado* : 14/10/2020

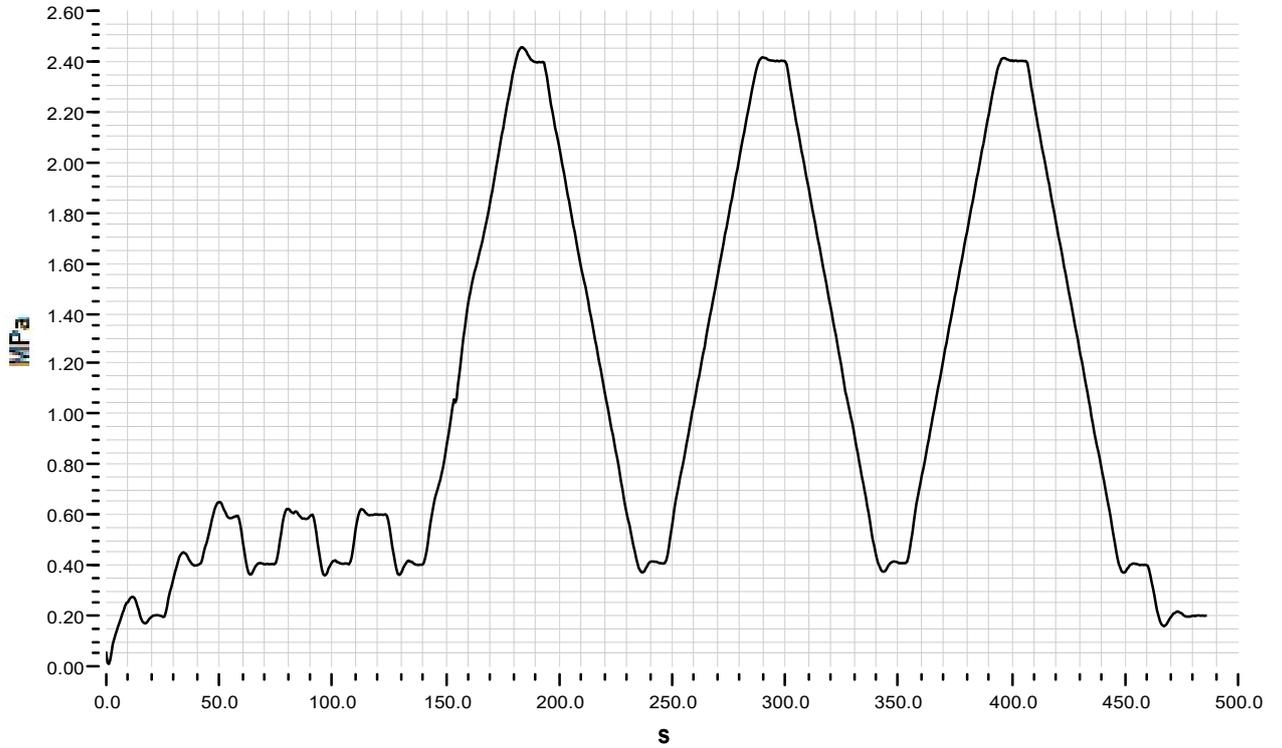
*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

*Notas* :

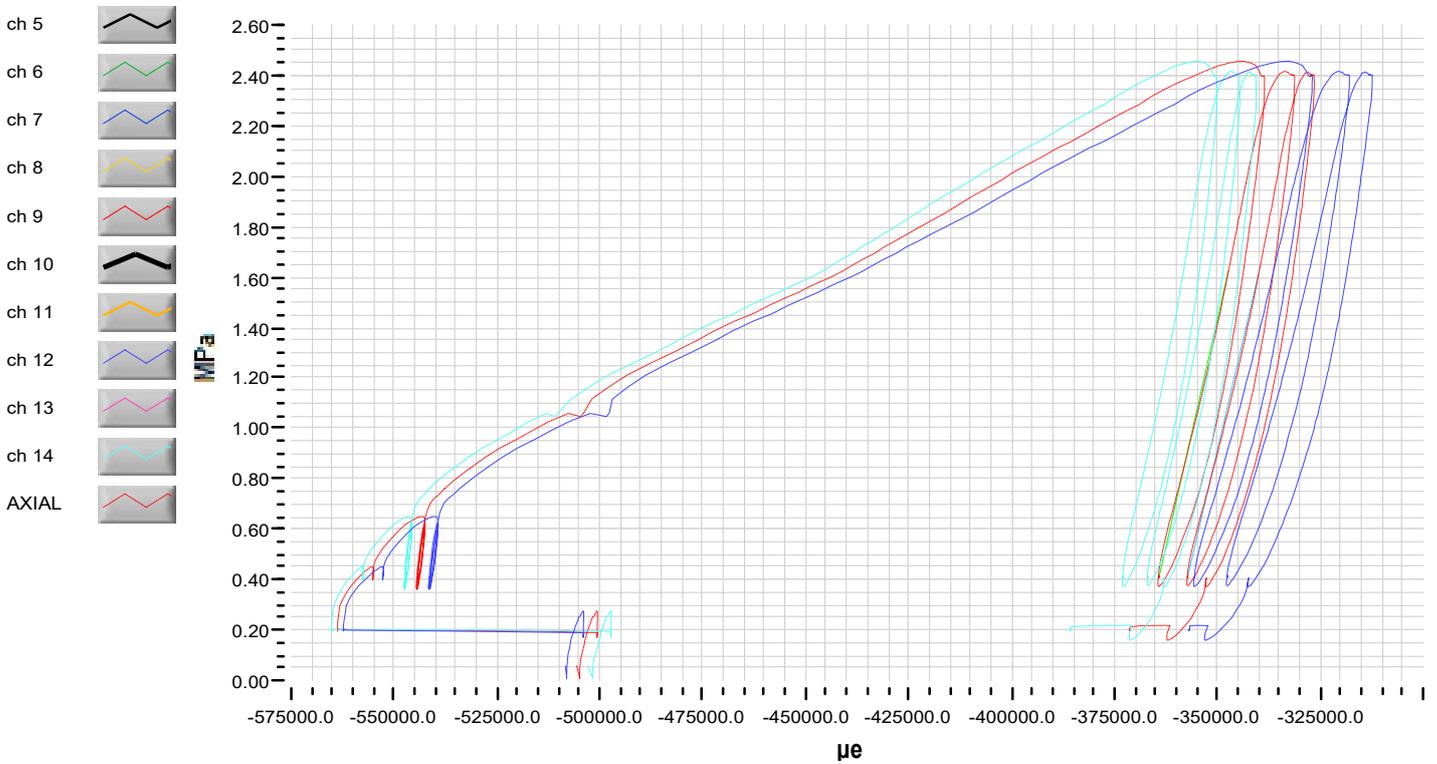
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0022

Fecha : 14/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : P-P-R

*Fecha ensayo* : 28/09/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 100.13\*99.5\*189.5      *Area* (mm<sup>2</sup>): 7854.0

*Edad* : 365 días      *Peso* (Kg) : 3.776

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55-c0222/f      *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 28/09/2019

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = 36332.4\mu e$      $\sigma_{i1} = 0.18$     MPa      *Modulo Elastico*    MPa      : 142.77

$\epsilon_{i2} = 38501.8\mu e$      $\sigma_{i2} = 0.49$     MPa      *Modulo Elastico*    MPa      : 132.09

$\epsilon_{f1} = 34899.0 \mu e$      $\sigma_{f1} = 0.18$     MPa

$\epsilon_{f2} = 37194.1 \mu e$      $\sigma_{f2} = 0.48$     MPa

*Descripcion* : Probeta de mamposteria Cal-arena con Canteras Hermosa

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0001      *Fecha certificado* : 28/09/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

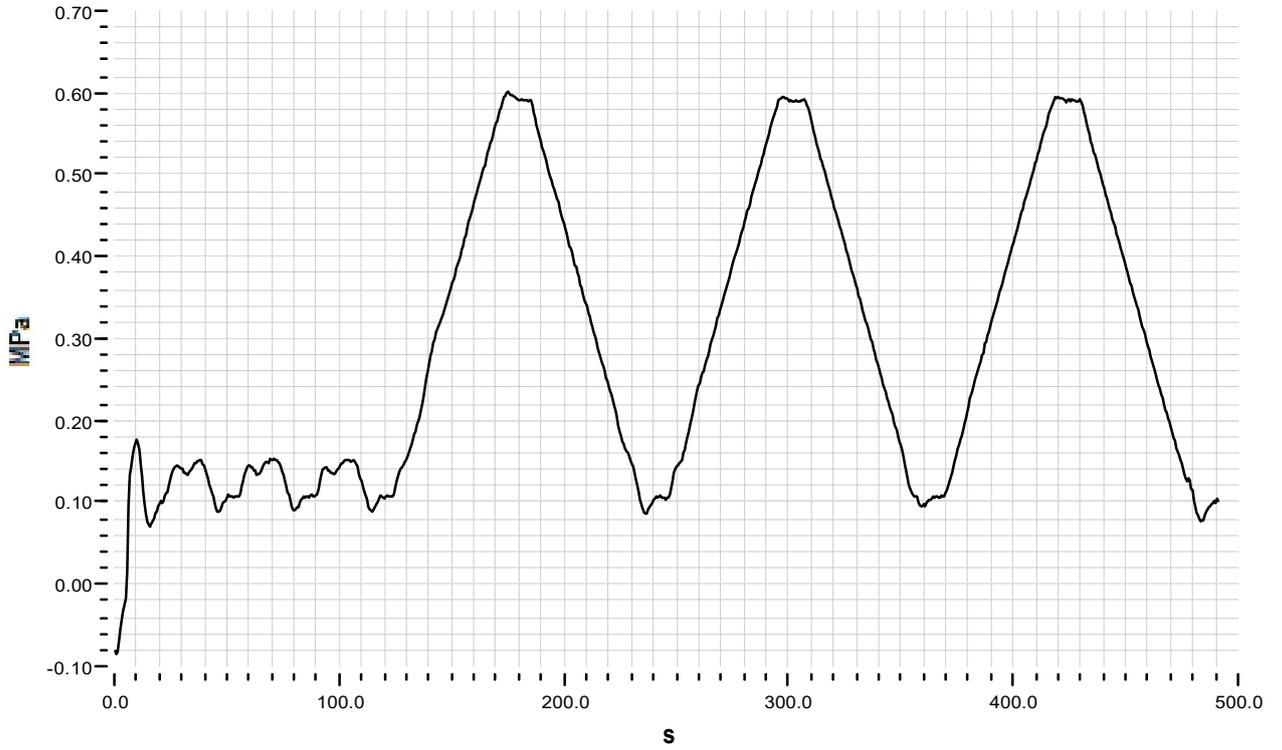
*Notas* :

---

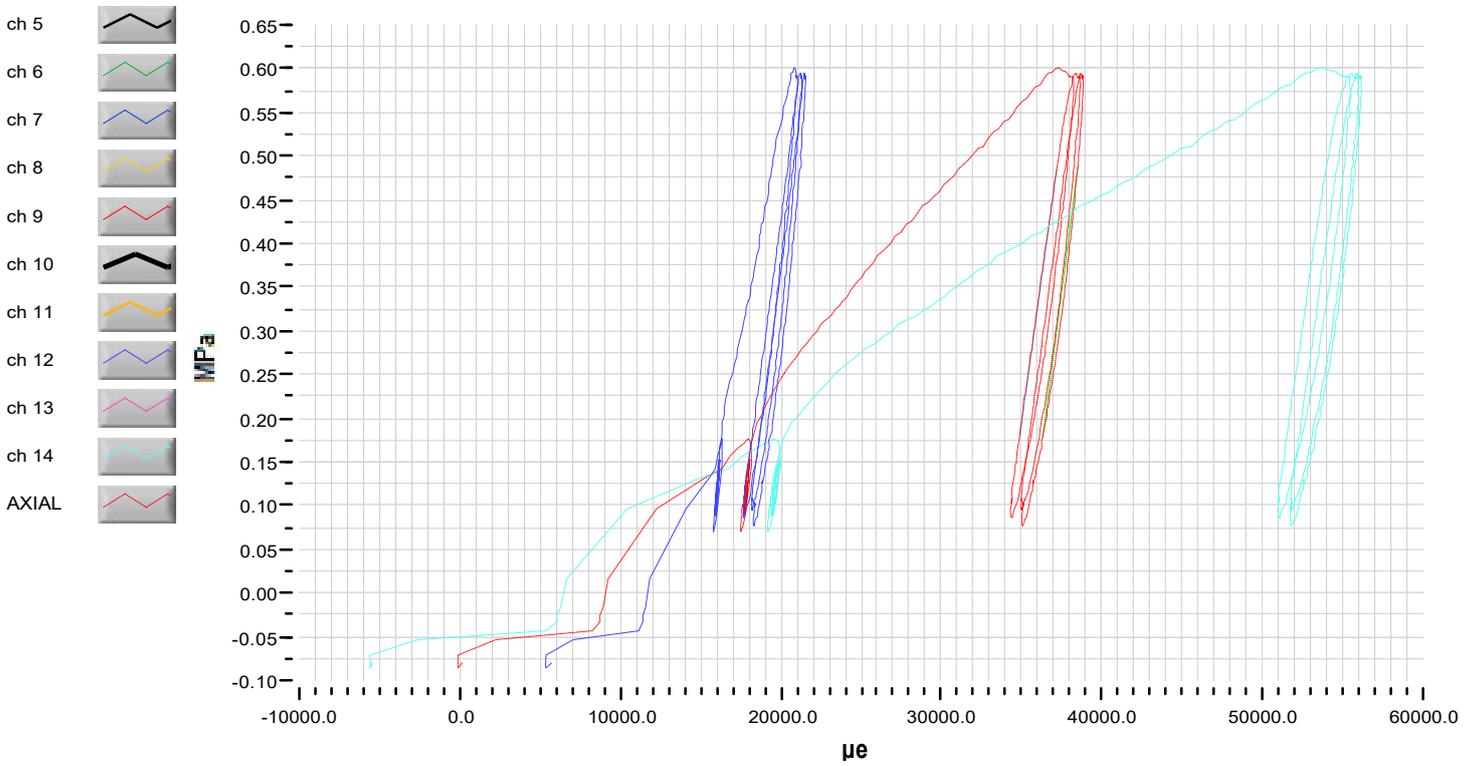
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0001

Fecha : 28/09/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : PC-1

*Fecha ensayo* : 19/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 94.5\*102.6\*200.7 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9684.5

*Edad* : N/A *Peso* (Kg) : 3.468

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 01/10/2019

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 2.45$  MPa    *Modulo Elastico* MPa : 230.65

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 9.79$  MPa    *Modulo Elastico* MPa : 228.65

$\epsilon_{f1} -560938.6\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 2.46$  MPa

$\epsilon_{f2} -528938.6\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 9.77$  MPa

*Descripcion* : Probeta cabeceada con yeso

*Notas* : Se coloca uno por eje

*Numero certificado* : 0025

*Fecha certificado* : 19/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

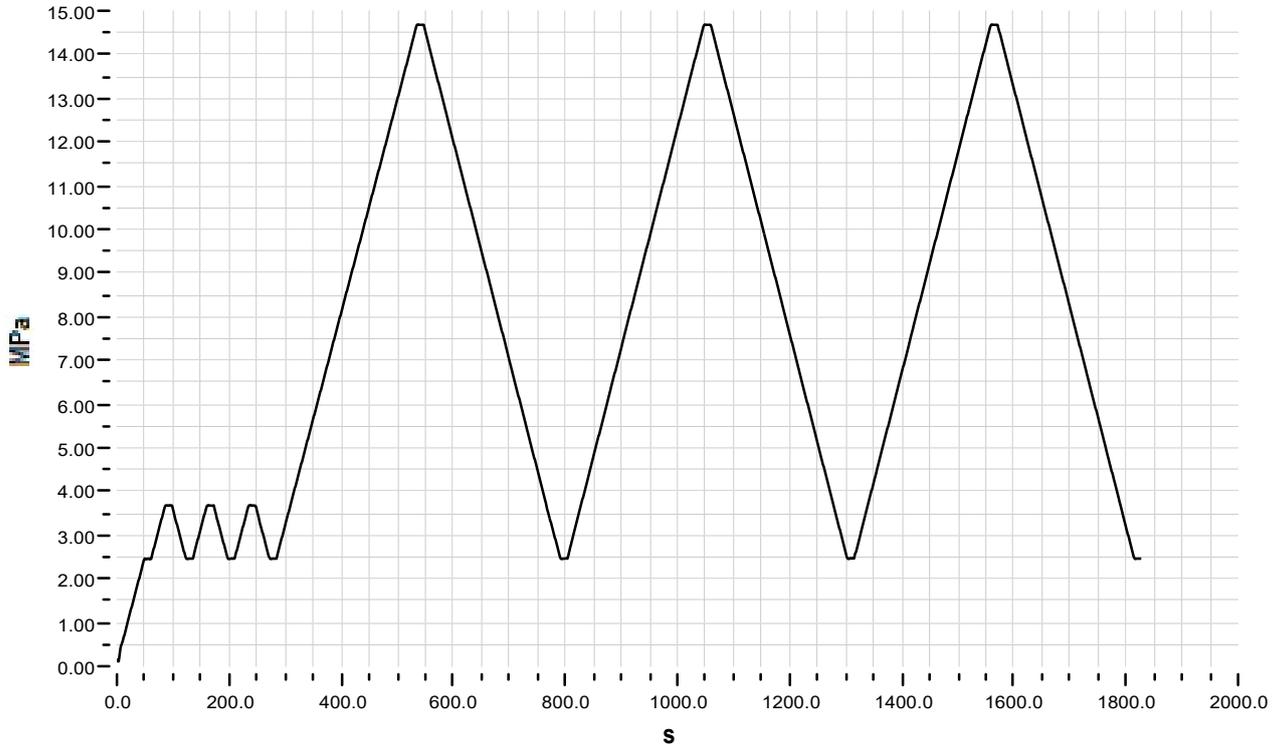
*Notas* :

*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

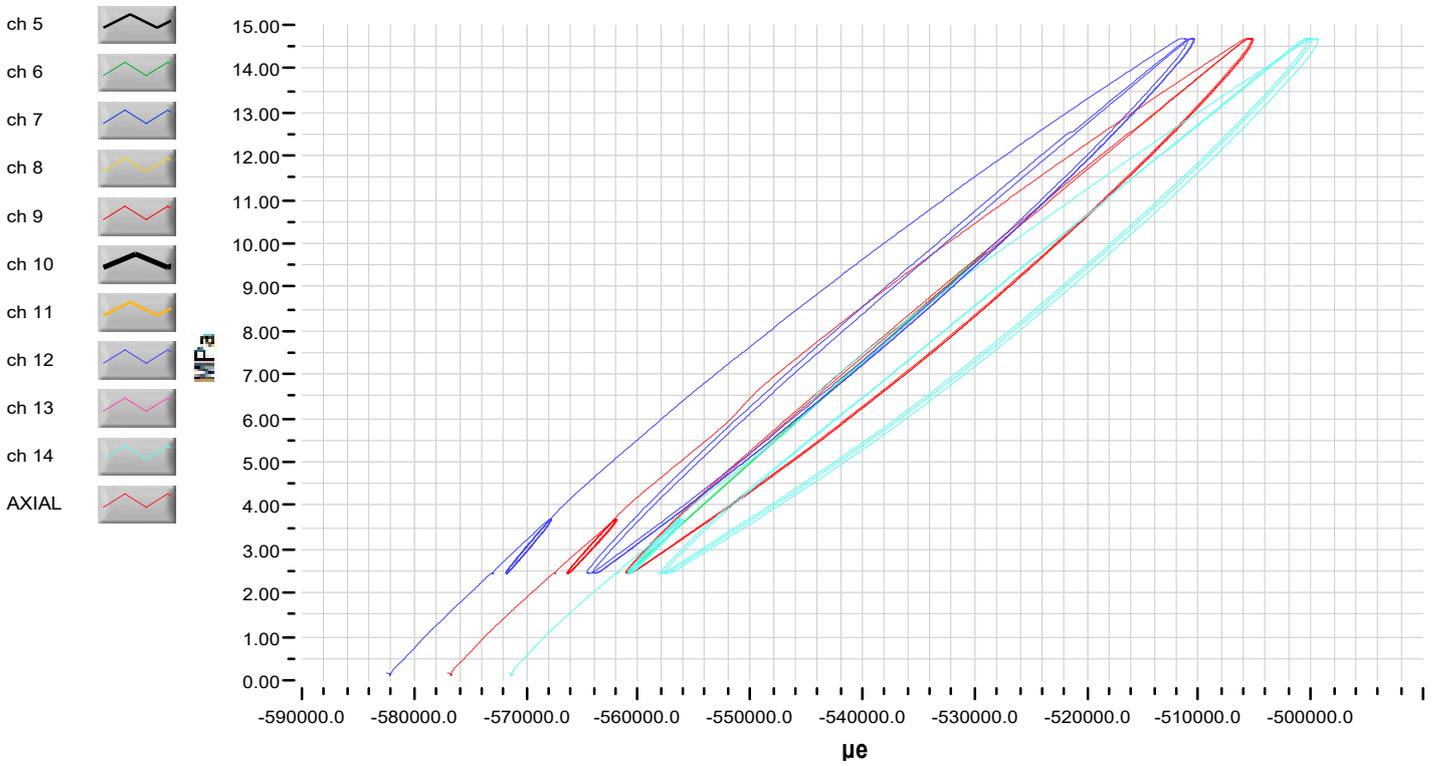
*Titulo* : Ingeniero Civil

UAA

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0025

Fecha : 19/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : PC-2

Fecha ensayo : 19/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 101.0\*97.0\*200.5 Area (mm<sup>2</sup>): 9793.0

Edad : N/A Peso (Kg) : 3.328

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 01/10/2019

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 2.46$  MPa Modulo Elastico MPa : 259.81

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 9.79$  MPa Modulo Elastico MPa : 260.28

$\epsilon_{f1} -596602.1\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 2.46$  MPa

$\epsilon_{f2} -568493.8\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 9.77$  MPa

Descripcion : Probeta cabeceada con yeso

Notas : Se coloca uno por eje

Numero certificado : 0026

Fecha certificado : 19/10/2020

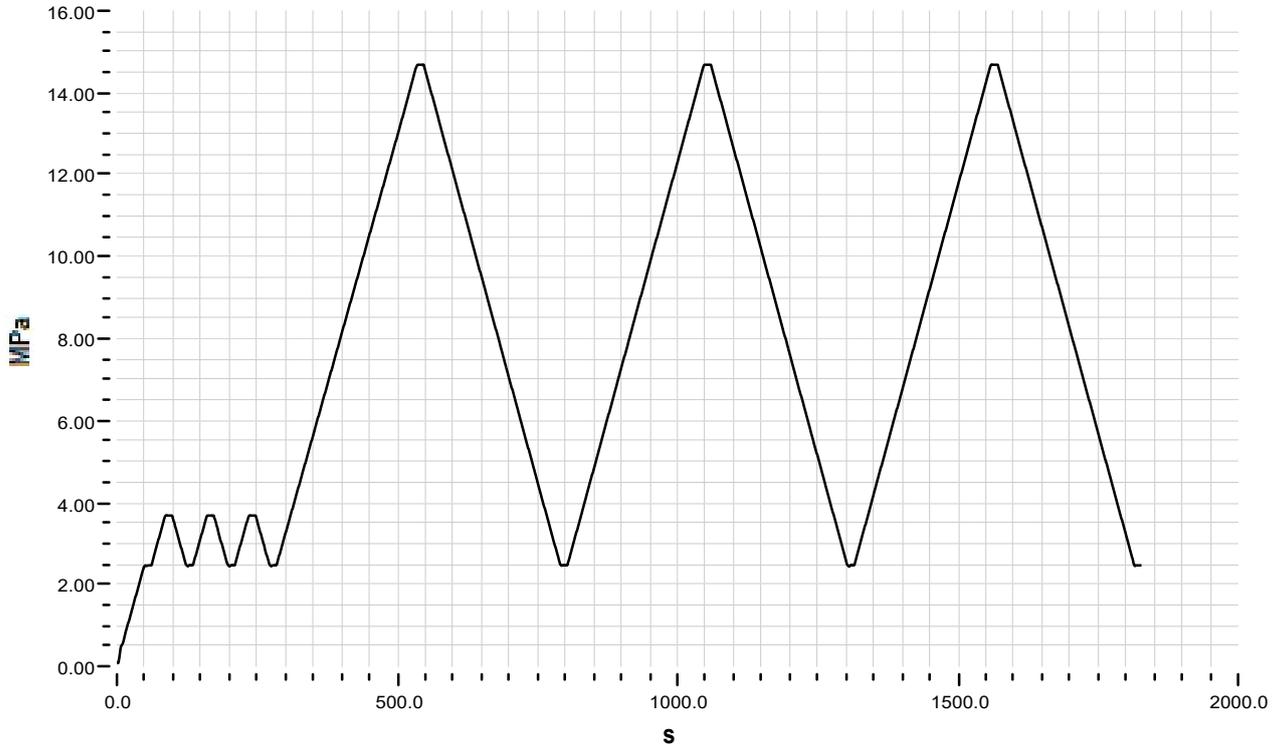
Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

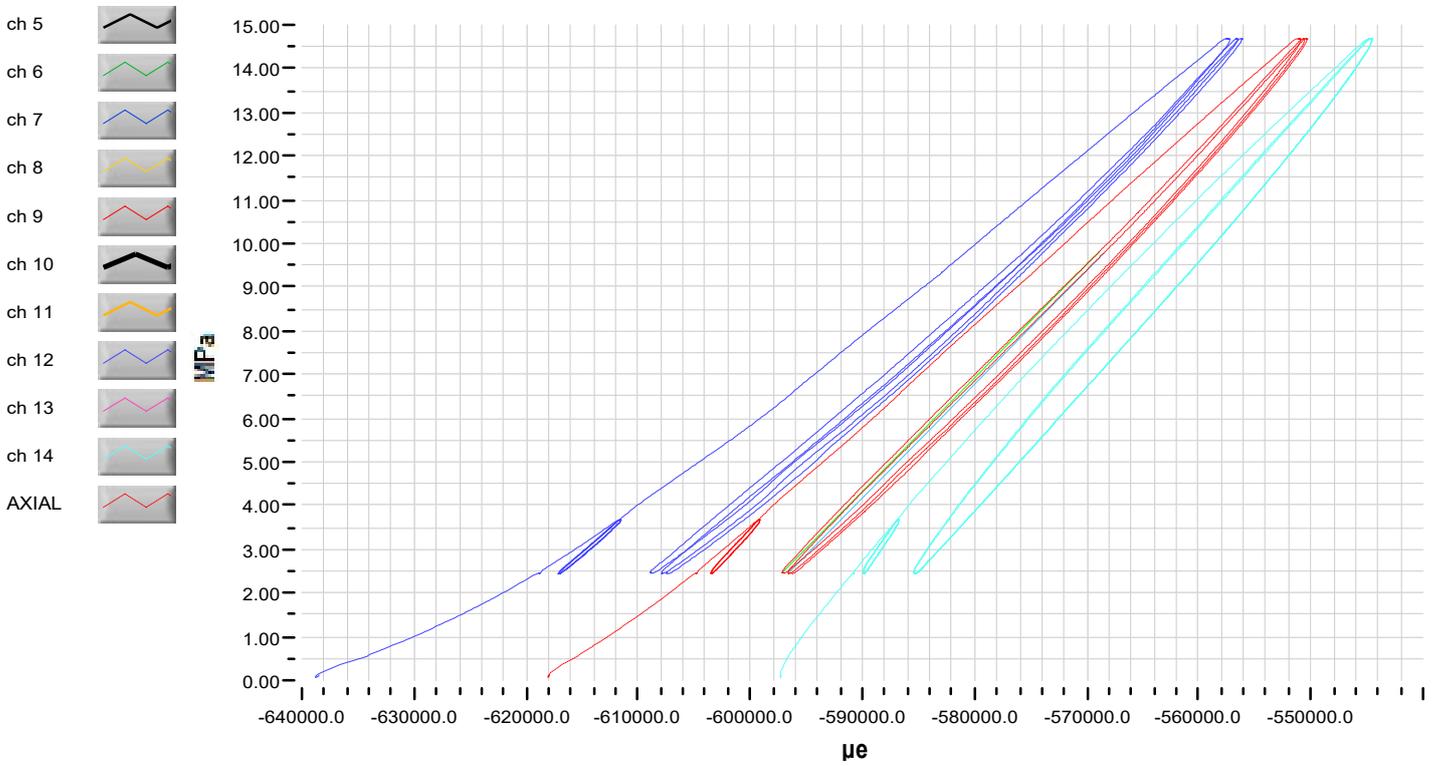
Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0026

Fecha : 19/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : PR-1

Fecha ensayo : 20/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 96.2\*98.0\*202.2 Area (mm<sup>2</sup>): 9425.6

Edad : N/A Peso (Kg) : 3.948

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 01/10/2019

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 5.03$  MPa Modulo Elastico MPa : 329.46

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 20.11$  MPa Modulo Elastico MPa : 328.23

$\epsilon_{f1} -620321.2\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 5.03$  MPa

$\epsilon_{f2} -574451.9\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 20.09$  MPa

Descripcion : Probeta cabeceada con yeso

Notas : Se coloca uno por eje

Numero certificado : 0027

Fecha certificado : 20/10/2020

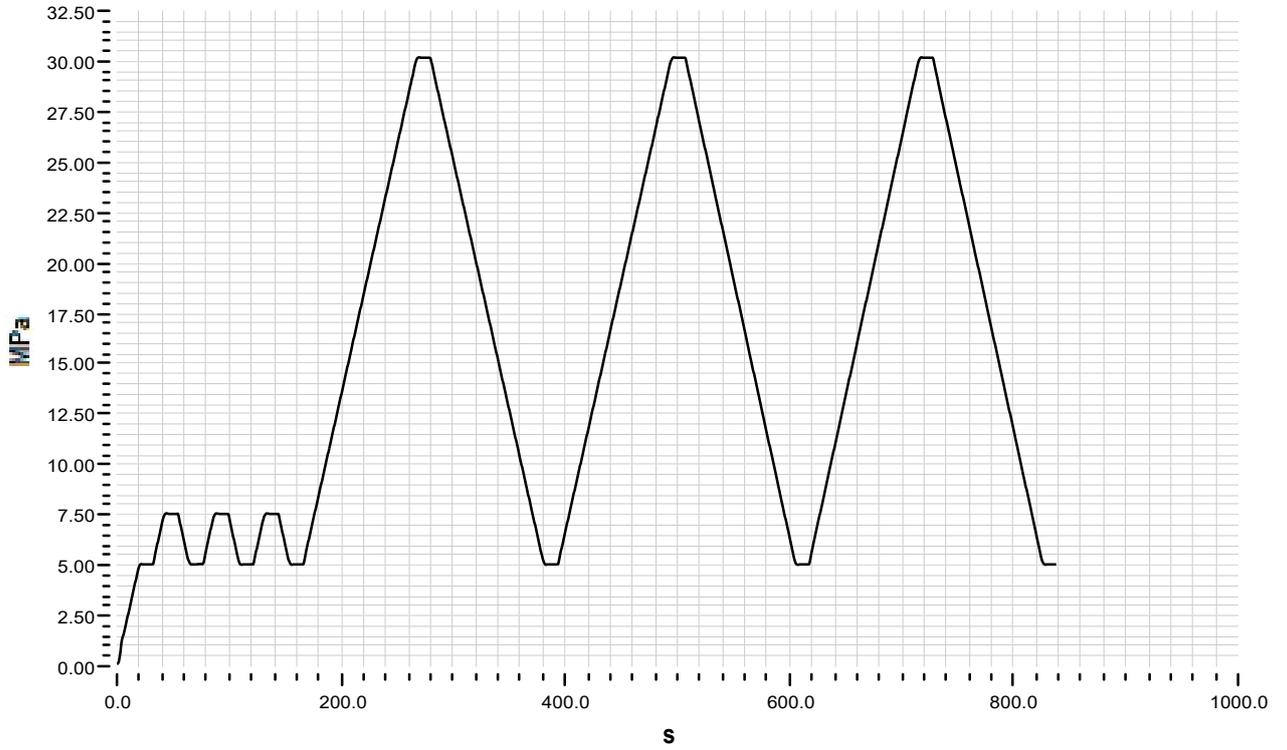
Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

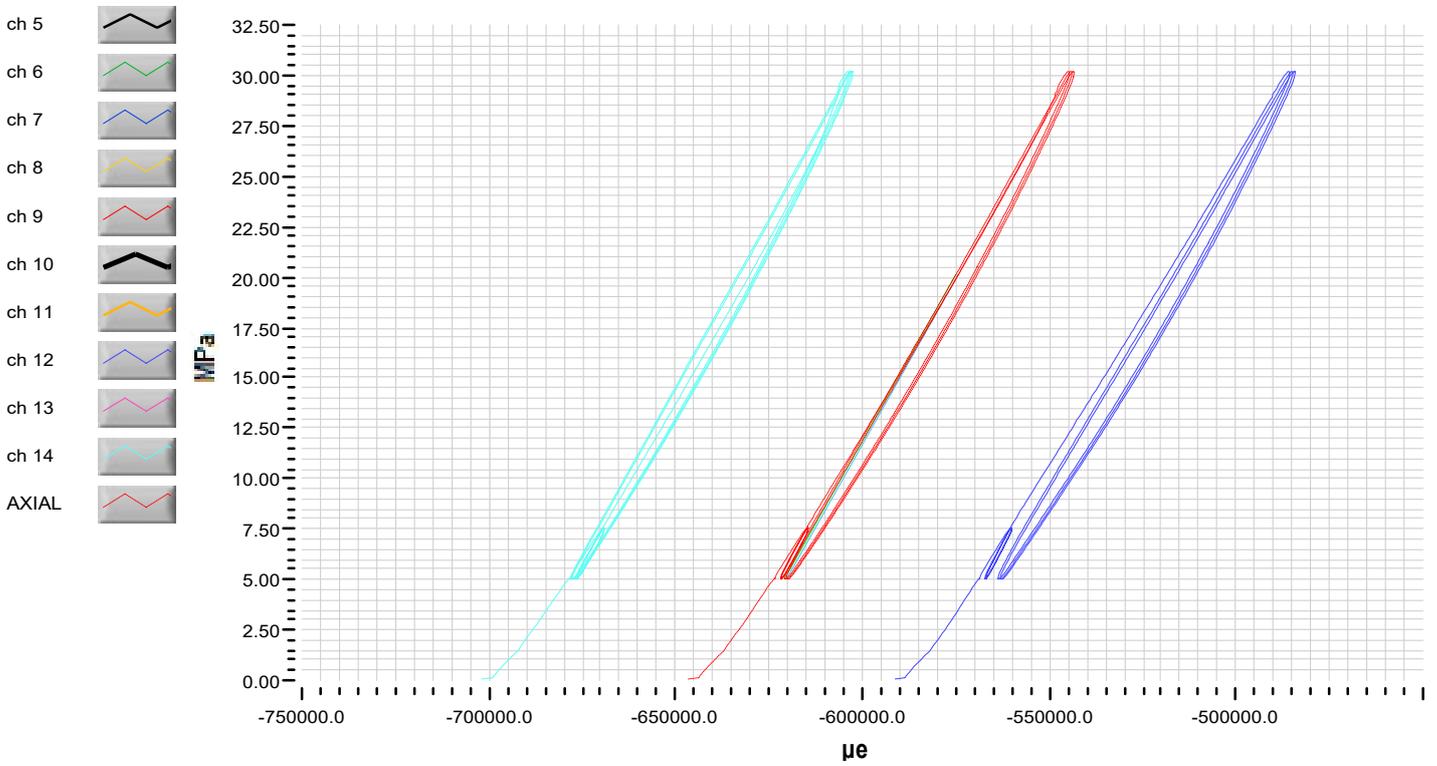
Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0027

Fecha : 20/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : PR-2

Fecha ensayo : 20/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 100.8\*100.0\*201.5      Area (mm<sup>2</sup>): 10086.2

Edad : N/A      Peso (Kg) : 4.107

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 01/10/2019

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 3.51$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 498.11

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 14.13$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 498.64

$\epsilon_{f1} = -585955.1\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 3.50$     MPa

$\epsilon_{f2} = -564635.7\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 14.13$     MPa

Descripcion : Probeta cabeceada con yeso

Notas : Se coloca uno por eje

Numero certificado : 0028

Fecha certificado : 20/10/2020

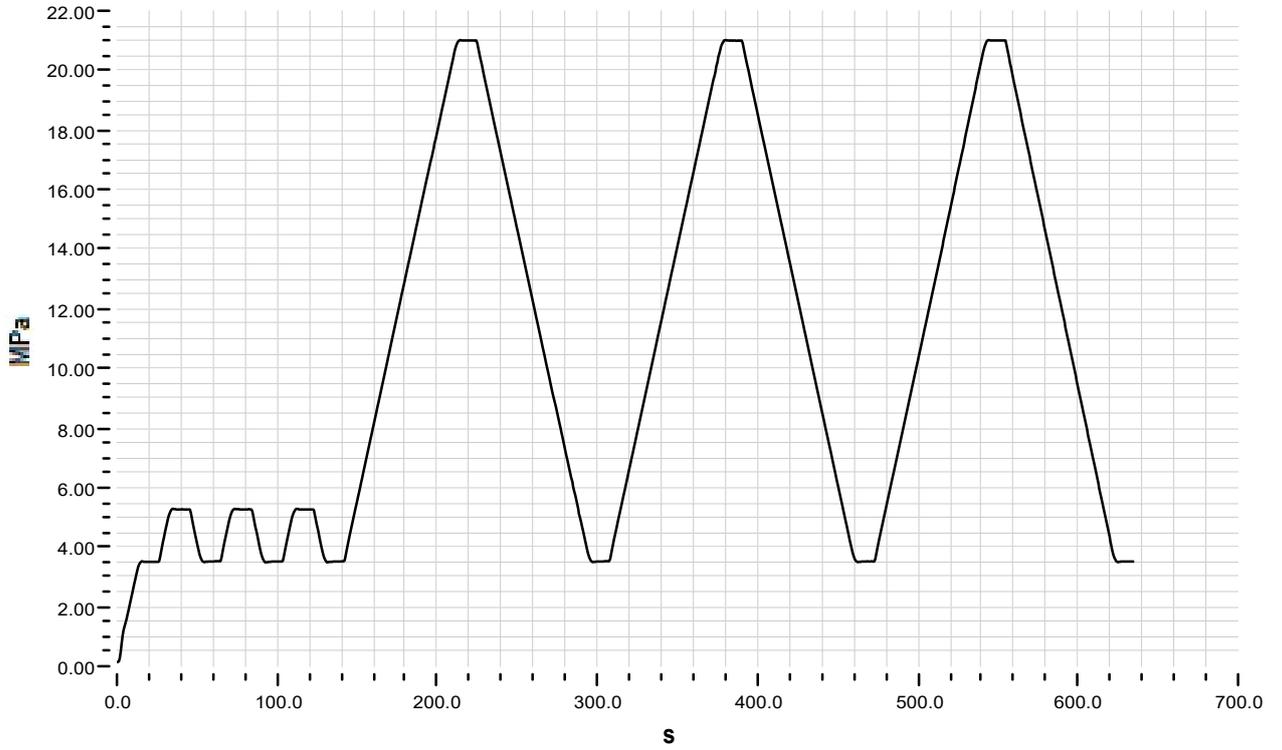
Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

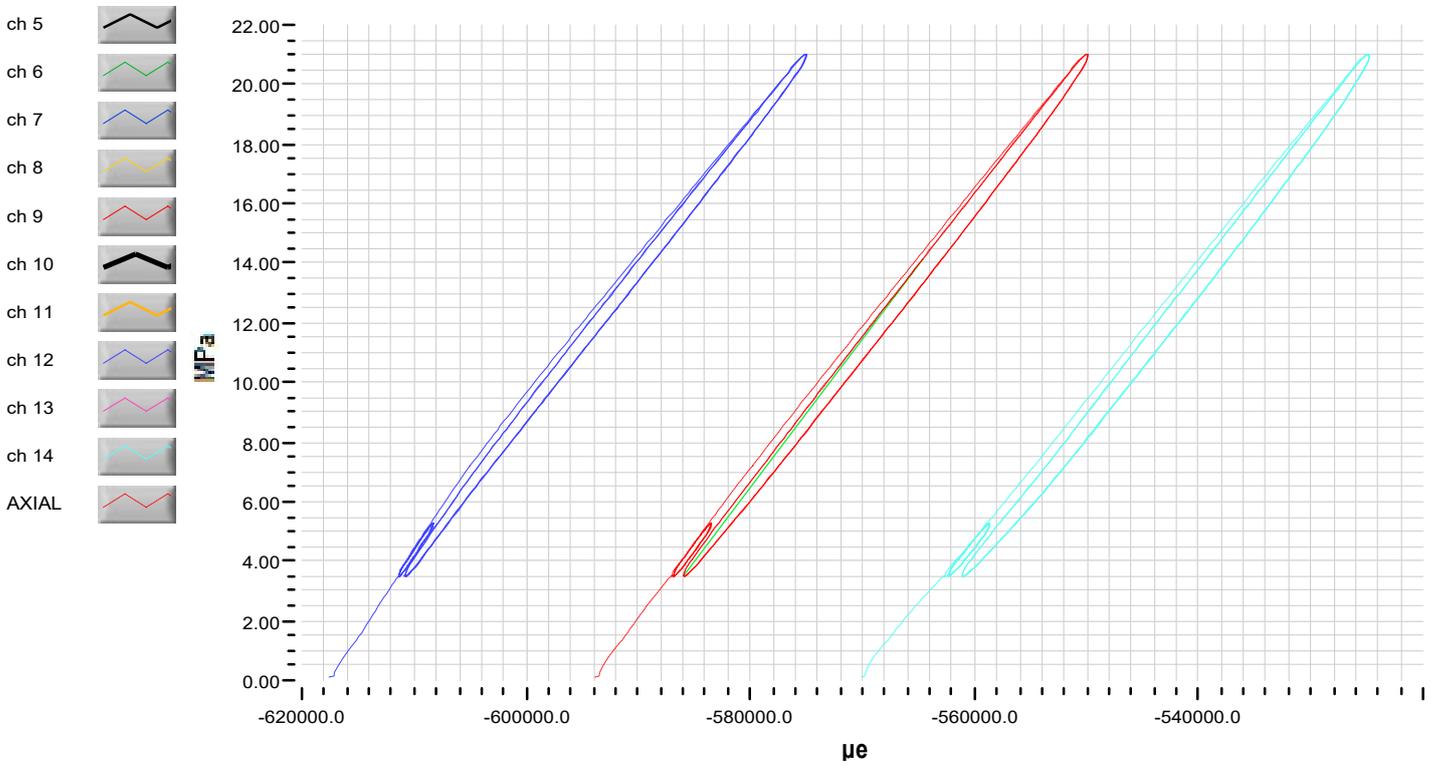
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0028

Fecha : 20/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : R-C-1.0-2

Fecha ensayo : 07/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 99.0\*99.2\*200.2                      Area (mm<sup>2</sup>): 9824.1

Edad : 244    Peso (Kg) : 3.812

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F                      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 06/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 1.00$     MPa                      Modulo Elastico    MPa                      : 149.58

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 4.00$     MPa                      Modulo Elastico    MPa                      : 149.21

$\epsilon_{f1} = -379936.0\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 1.01$     MPa

$\epsilon_{f2} = -359866.0\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 4.00$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0006    Fecha certificado : 07/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

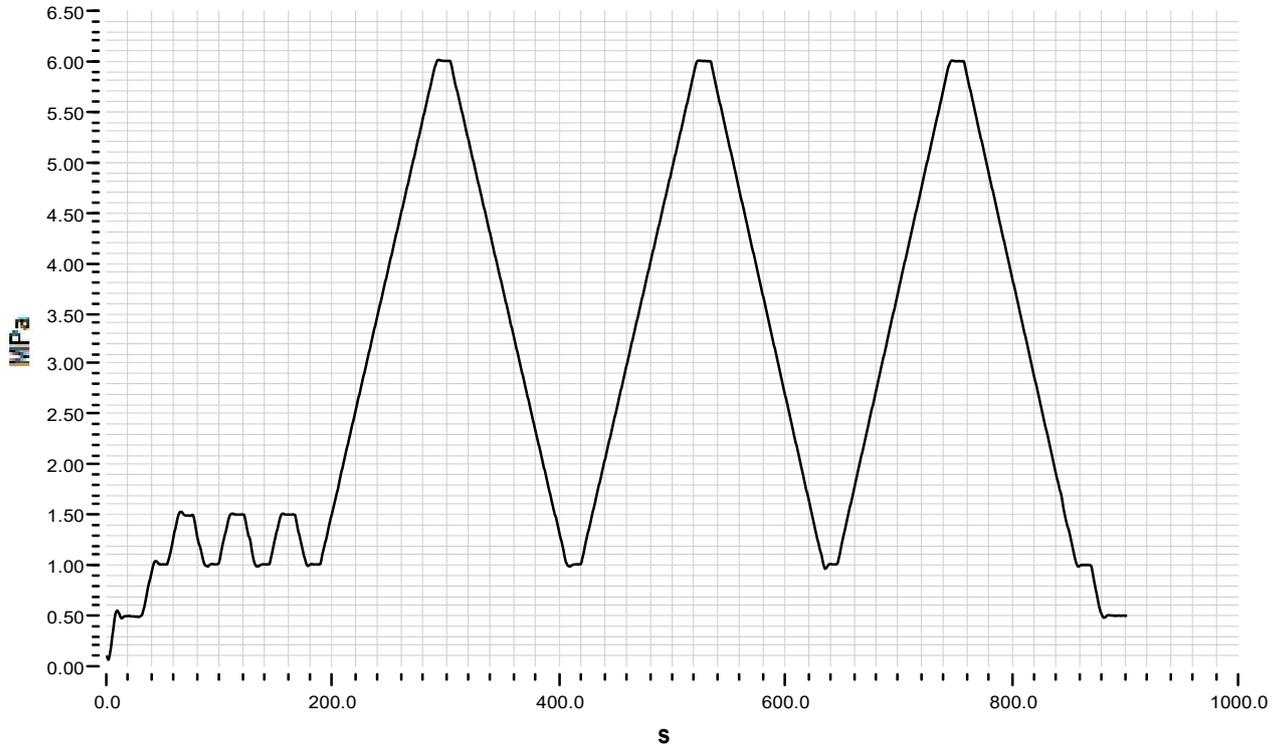
Notas :

---

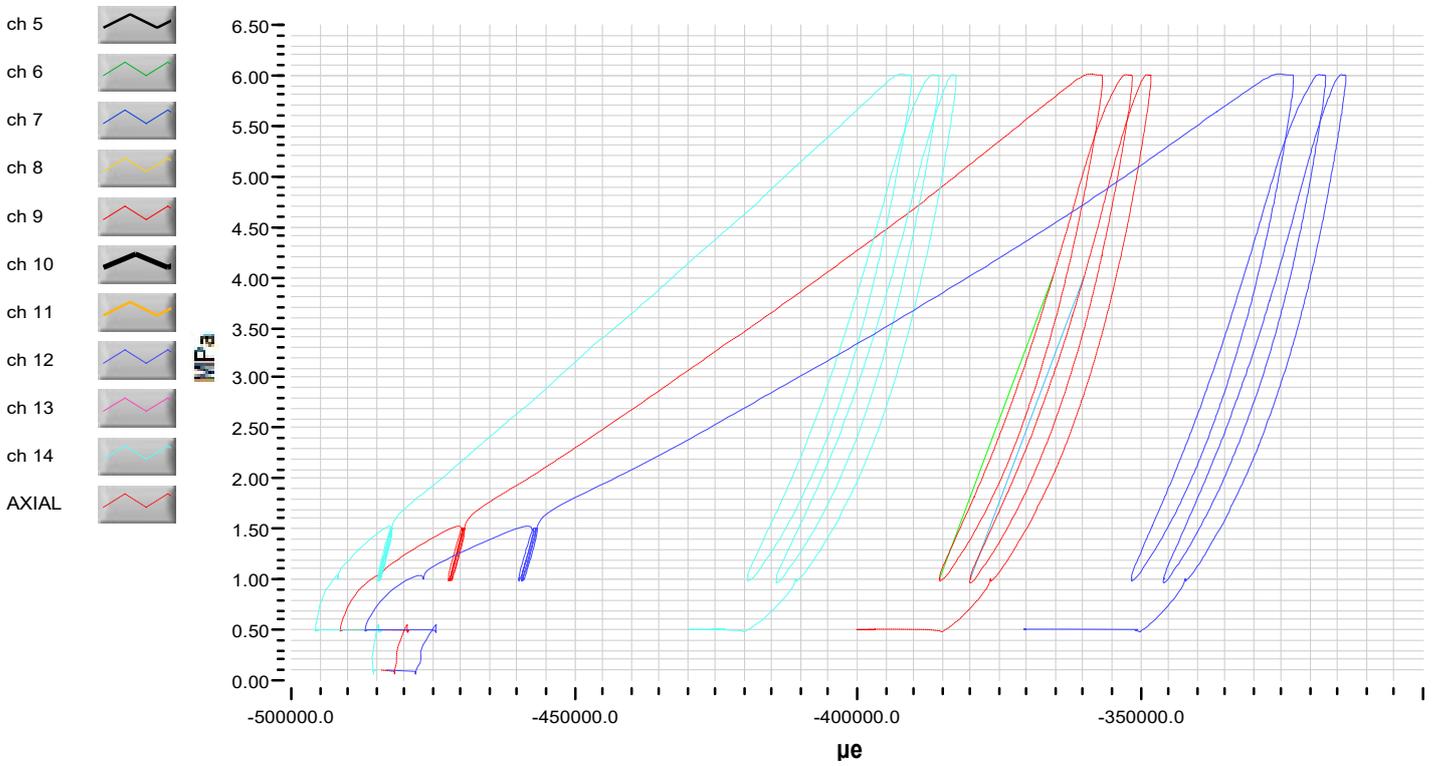
Operador                      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0006

Fecha : 07/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : R-C-1.0-3

Fecha ensayo : 08/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.6\*99.1\*200.2      Area (mm<sup>2</sup>): 9773.6

Edad : 245      Peso (Kg) : 3.762

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 06/02/2020

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 1.01$     MPa      Modulo Elastico MPa : 147.14

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 4.00$     MPa      Modulo Elastico MPa : 146.79

$\epsilon_{f1} -385121.7\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 1.01$     MPa

$\epsilon_{f2} -364708.6\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 4.00$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

Numero certificado : 0007      Fecha certificado : 08/10/2020

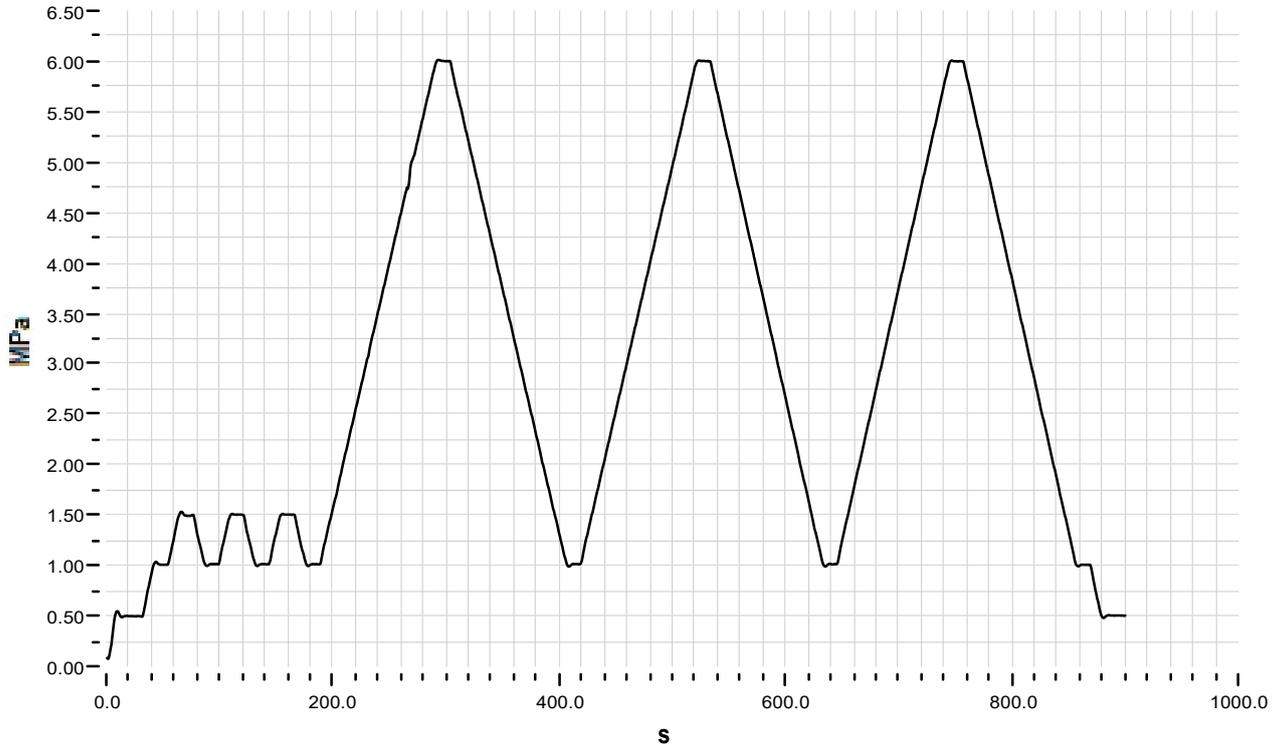
Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

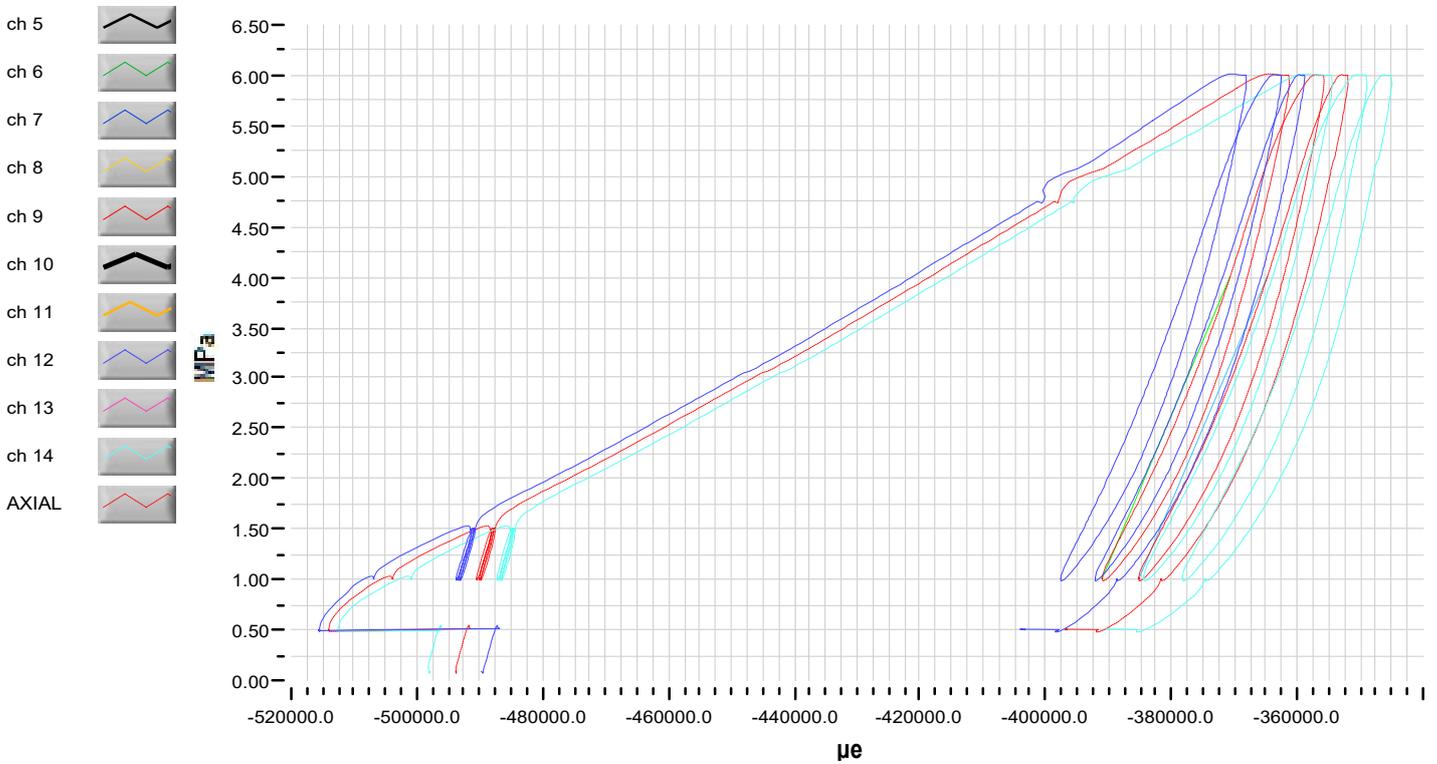
Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0007

Fecha : 08/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : R-C-1.5-1

*Fecha ensayo* : 08/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 98.7\*98.3\*199.7 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9710.3

*Edad* : 234 *Peso* (Kg) : 3.844

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 17/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.60$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 111.49

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 2.42$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 111.84

$\epsilon_{f1} -229274.8\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.60$  MPa

$\epsilon_{f2} -213165.4\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 2.41$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0009 *Fecha certificado* : 08/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

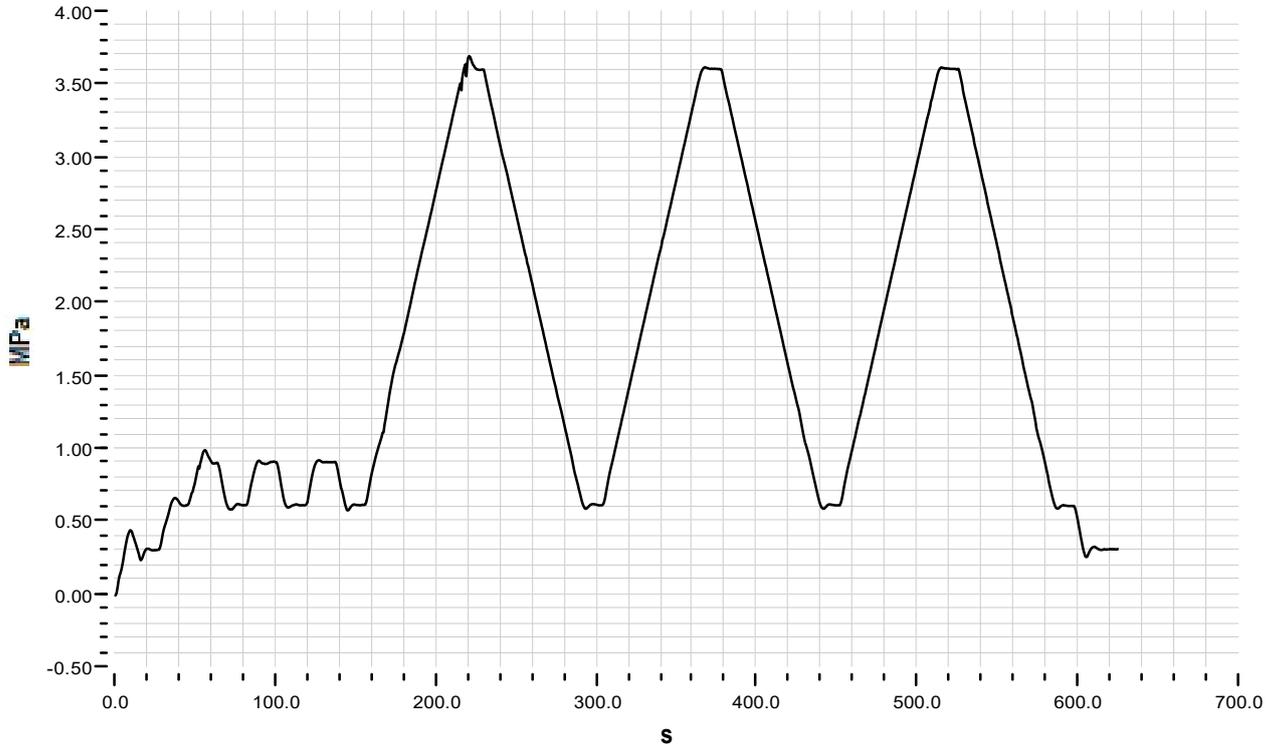
*Notas* :

---

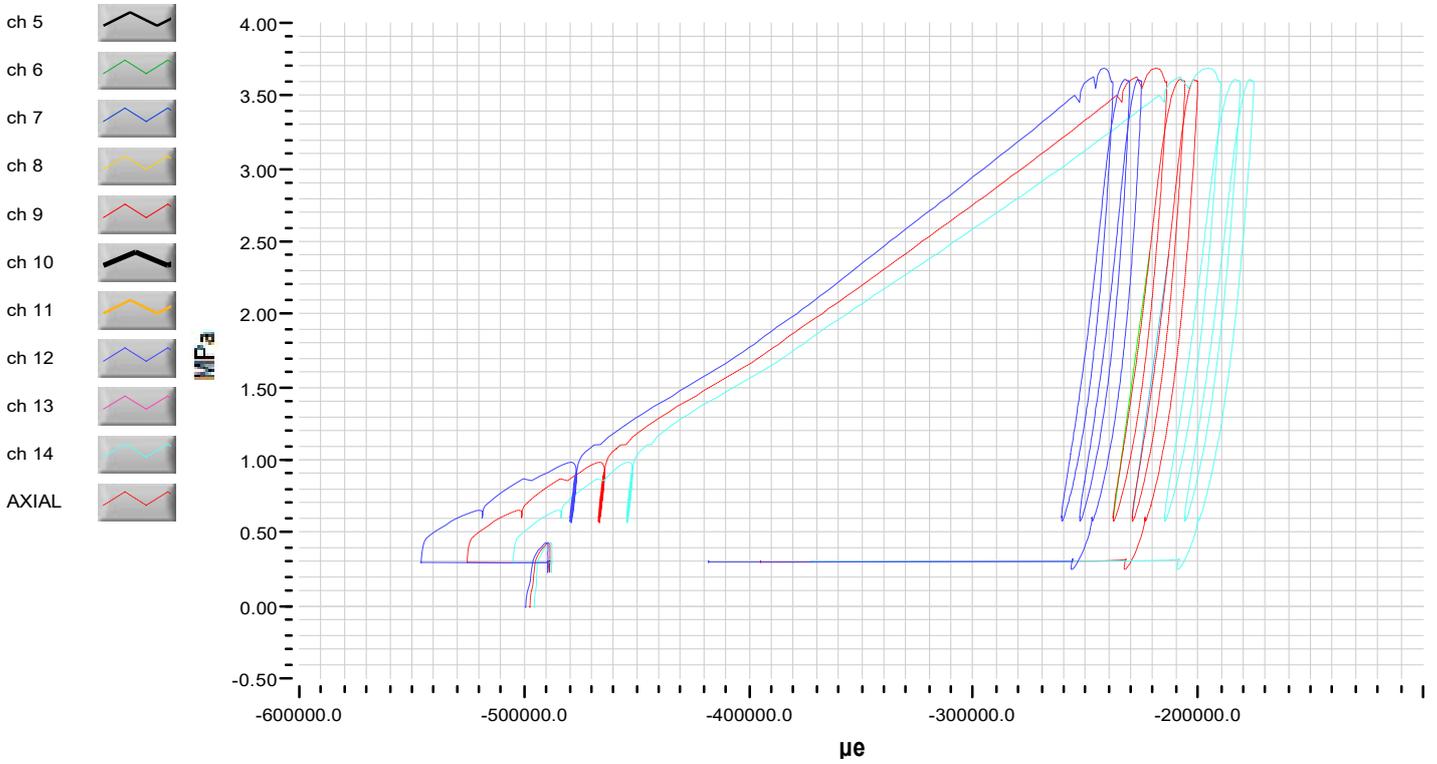
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0009

Fecha : 08/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : R-C-1.5-2

*Fecha ensayo* : 08/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 99.2\*99.3\*198.5 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9862.0

*Edad* : 234 *Peso* (Kg) : 3.826

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 17/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.60$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 121.67

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 2.40$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 120.59

$\epsilon_{f1} -398401.0\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.60$  MPa

$\epsilon_{f2} -383420.2\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 2.41$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0008 *Fecha certificado* : 08/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

*Notas* :

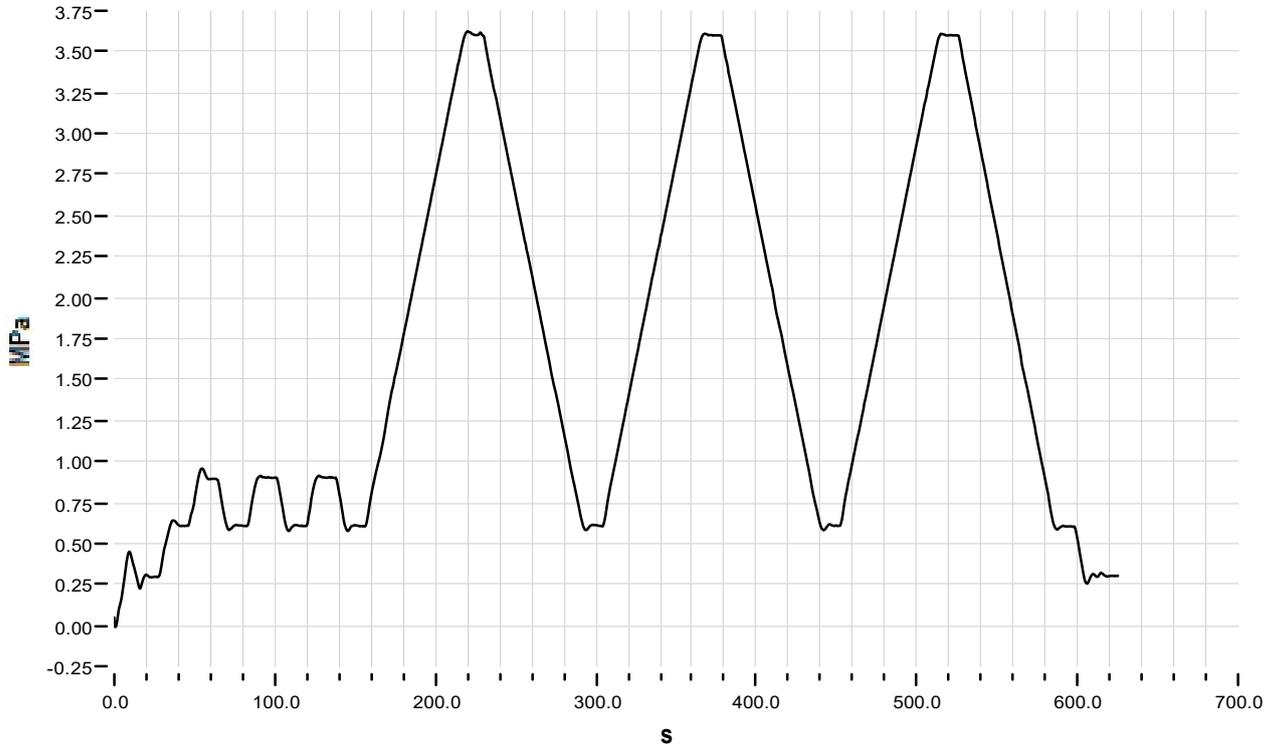
---

*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

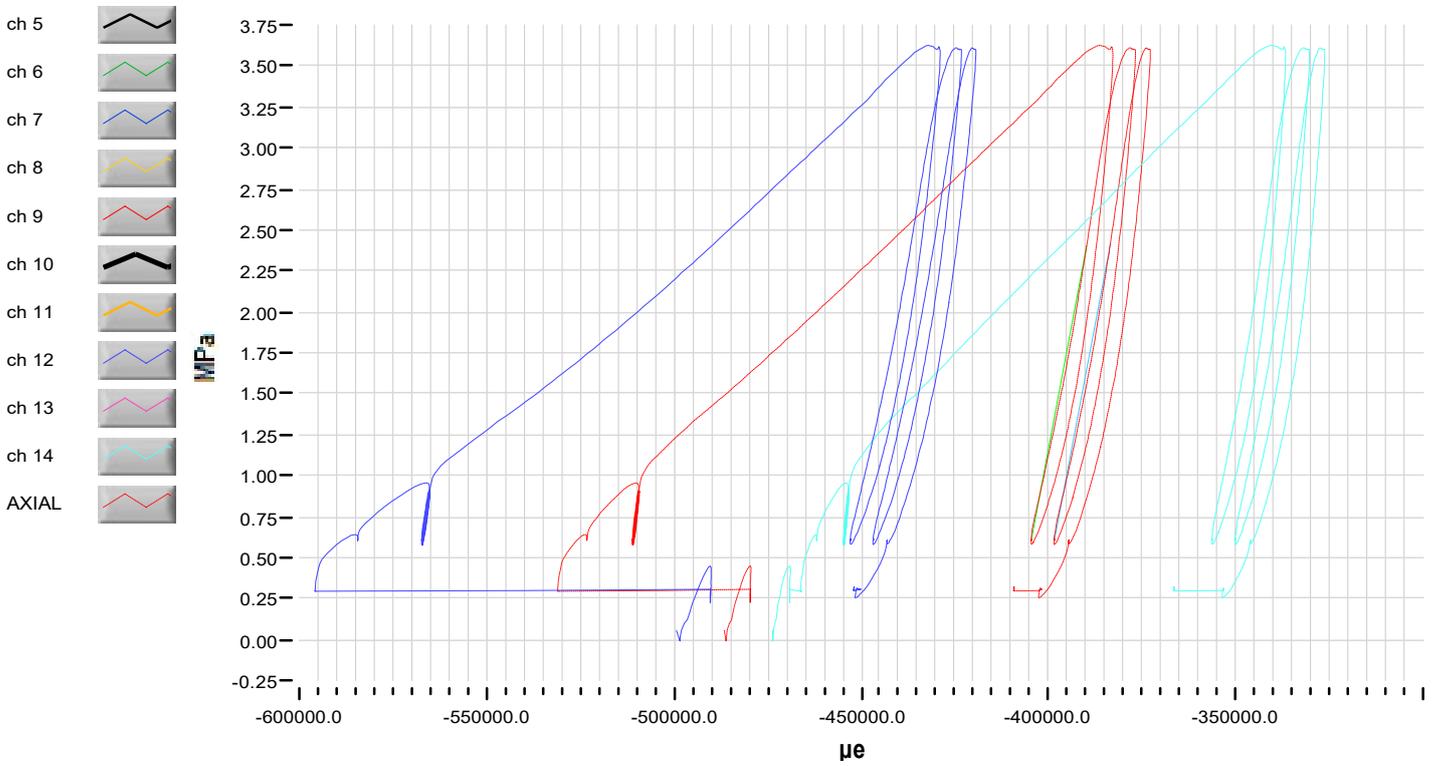
*Titulo* : Ingeniero Civil

UAA

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0008

Fecha : 08/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : R-C-2.0-2

Fecha ensayo : 12/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.7\*98.8\*2010.0      Area (mm<sup>2</sup>): 9761.0

Edad : 248      Peso (Kg) : 3.689

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 07/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 0.41$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 76.90

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 1.60$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 75.28

$\epsilon_{f1} -409615.5\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 0.41$     MPa

$\epsilon_{f2} -393526.9\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 1.62$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0016      Fecha certificado : 12/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

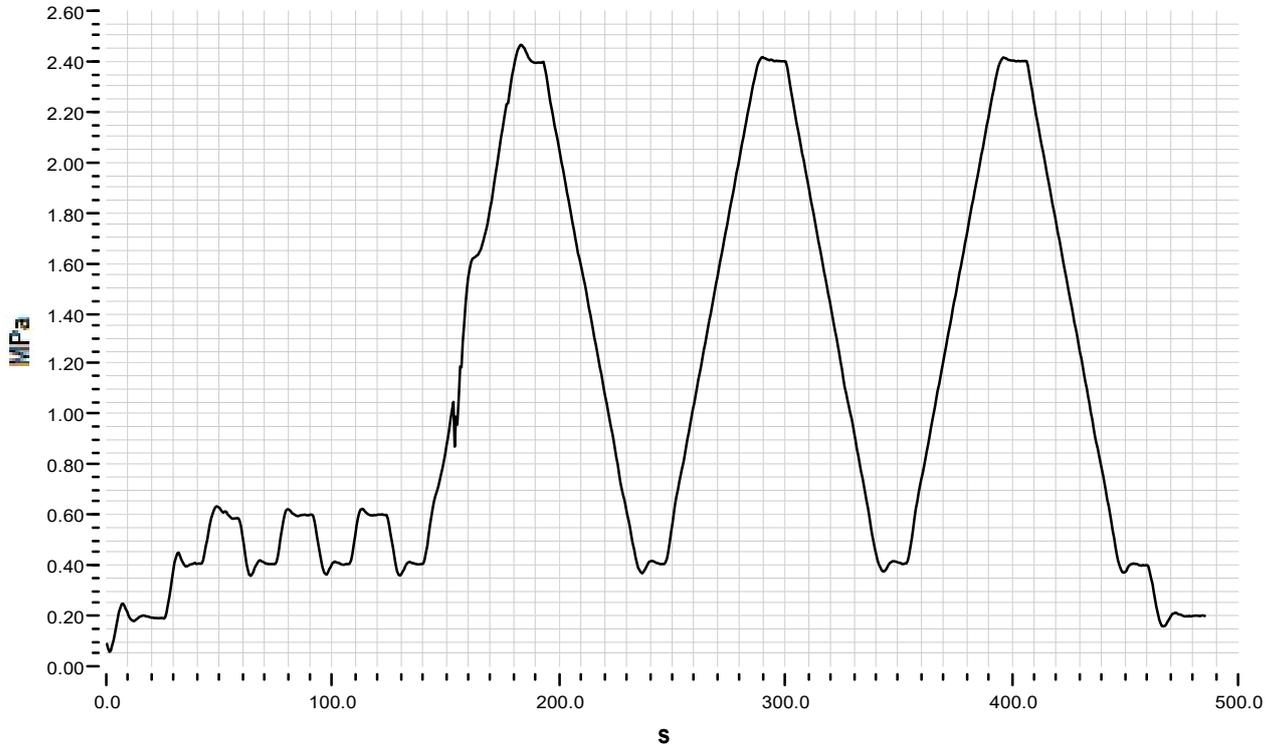
Notas :

---

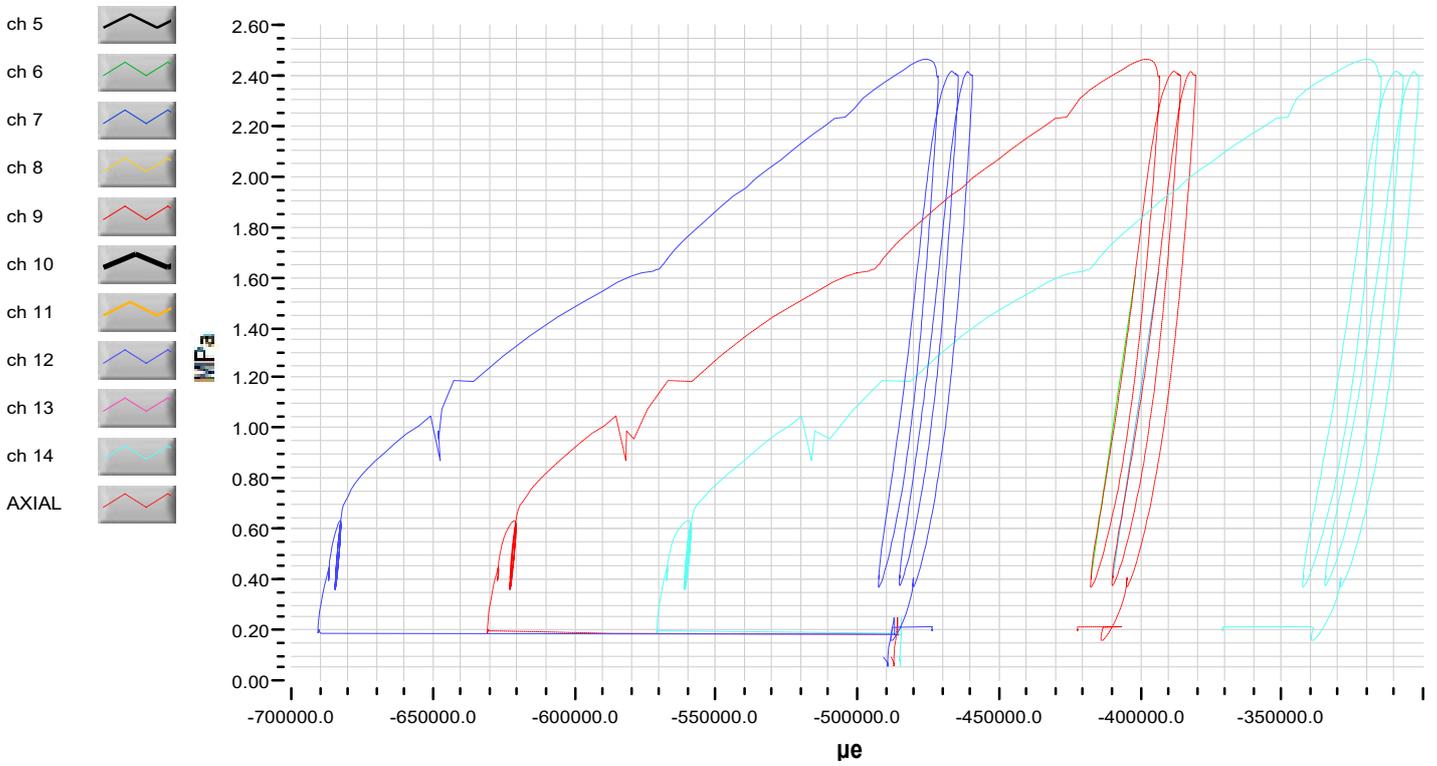
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0016  
 Equipos de ensayo : 70-S12Z00  
 Notas :

Fecha : 12/10/2020

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : R-C-2.0-3

*Fecha ensayo* : 12/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 99.1\*98.8\*197.7 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9799.0

*Edad* : 242 *Peso* (Kg) : 3.735

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 13/02/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.40$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 106.75

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 1.62$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 104.16

$\epsilon_{f1} -448235.9\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.40$  MPa

$\epsilon_{f2} -436663.9\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 1.61$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0017 *Fecha certificado* : 12/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

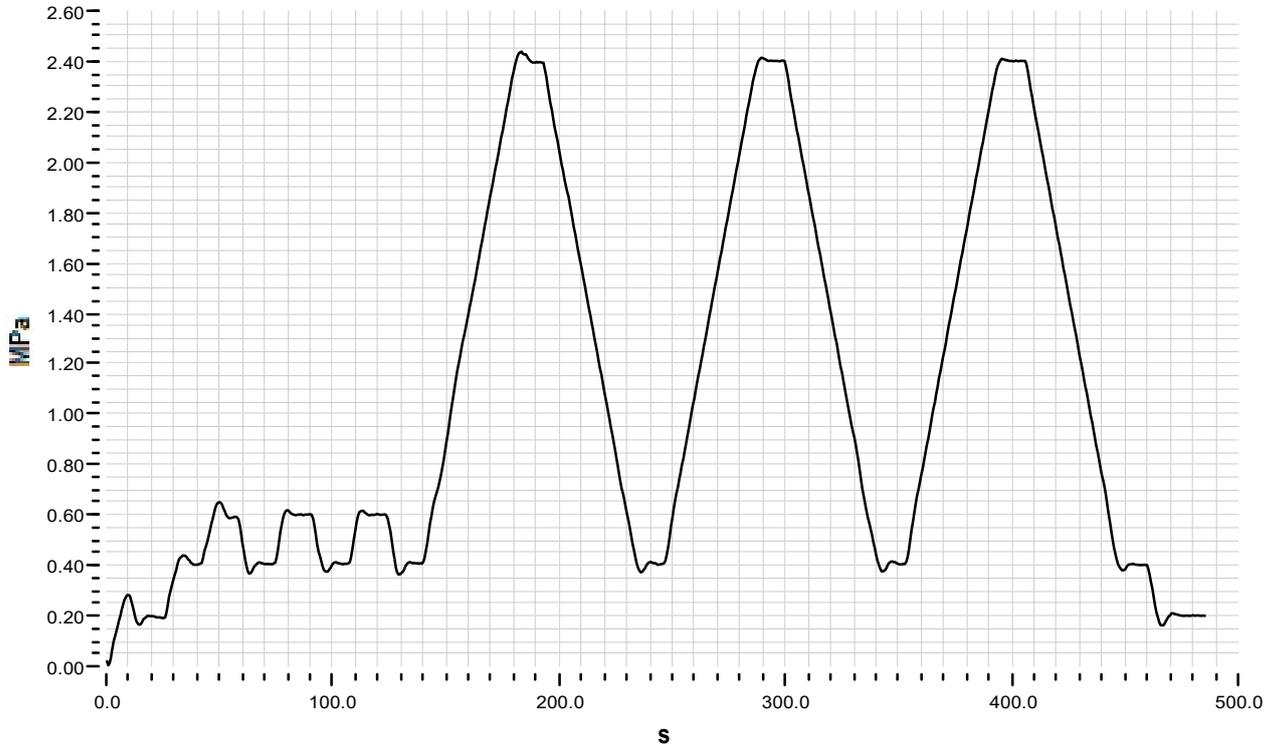
*Notas* :

---

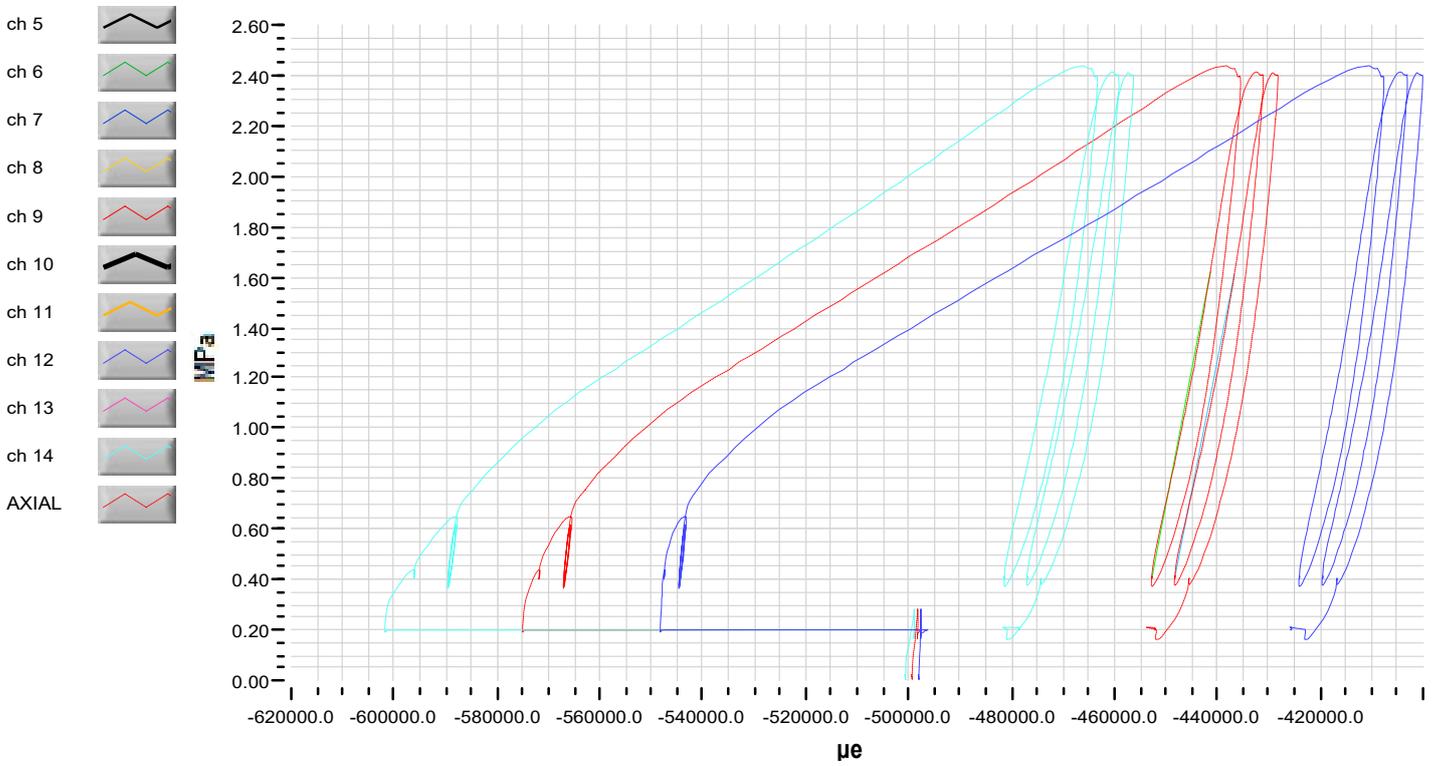
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0017

Fecha : 12/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : R-S-1.0-1

*Fecha ensayo* : 07/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 99.1\*98.8\*201.0 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9799.0

*Edad* : 189 *Peso* (Kg) : 3.747

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 01/04/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 1.01$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 154.82

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 4.00$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 151.17

$\epsilon_{f1} -291268.3\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 1.01$  MPa

$\epsilon_{f2} -271526.6\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 4.00$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0004 *Fecha certificado* : 31/12/1903

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

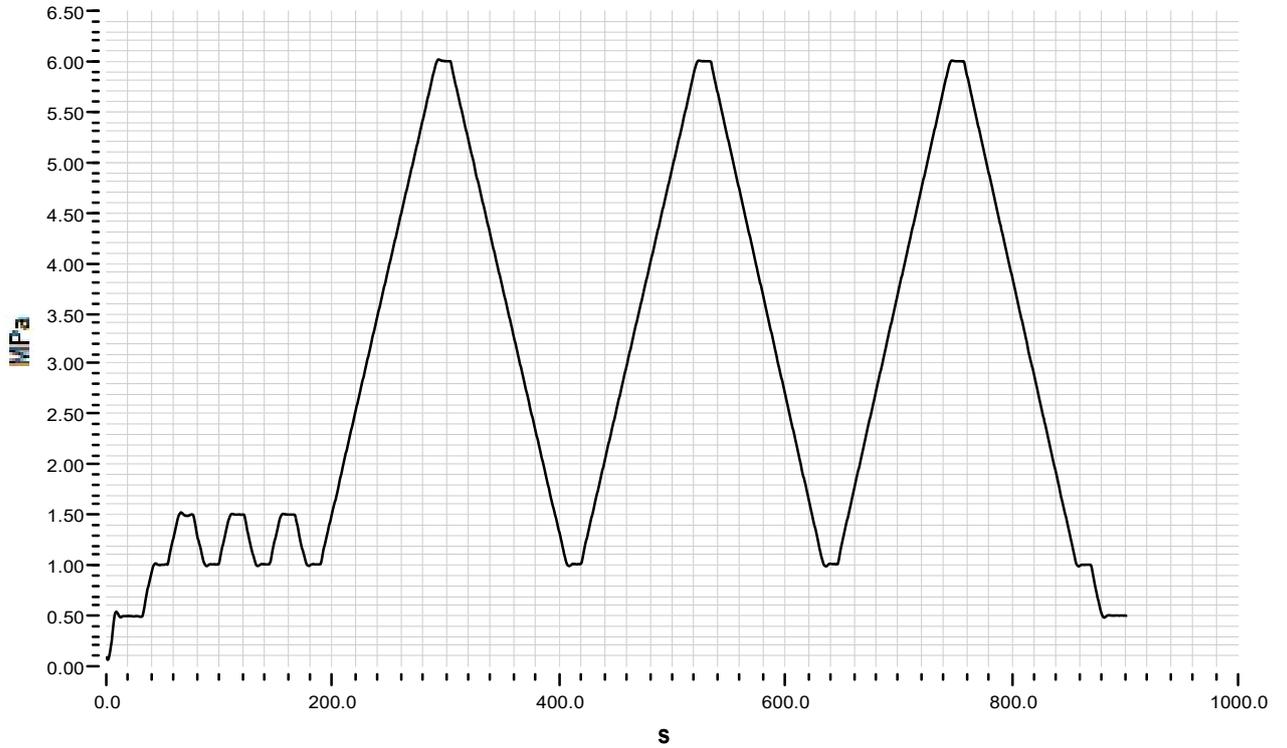
*Notas* :

---

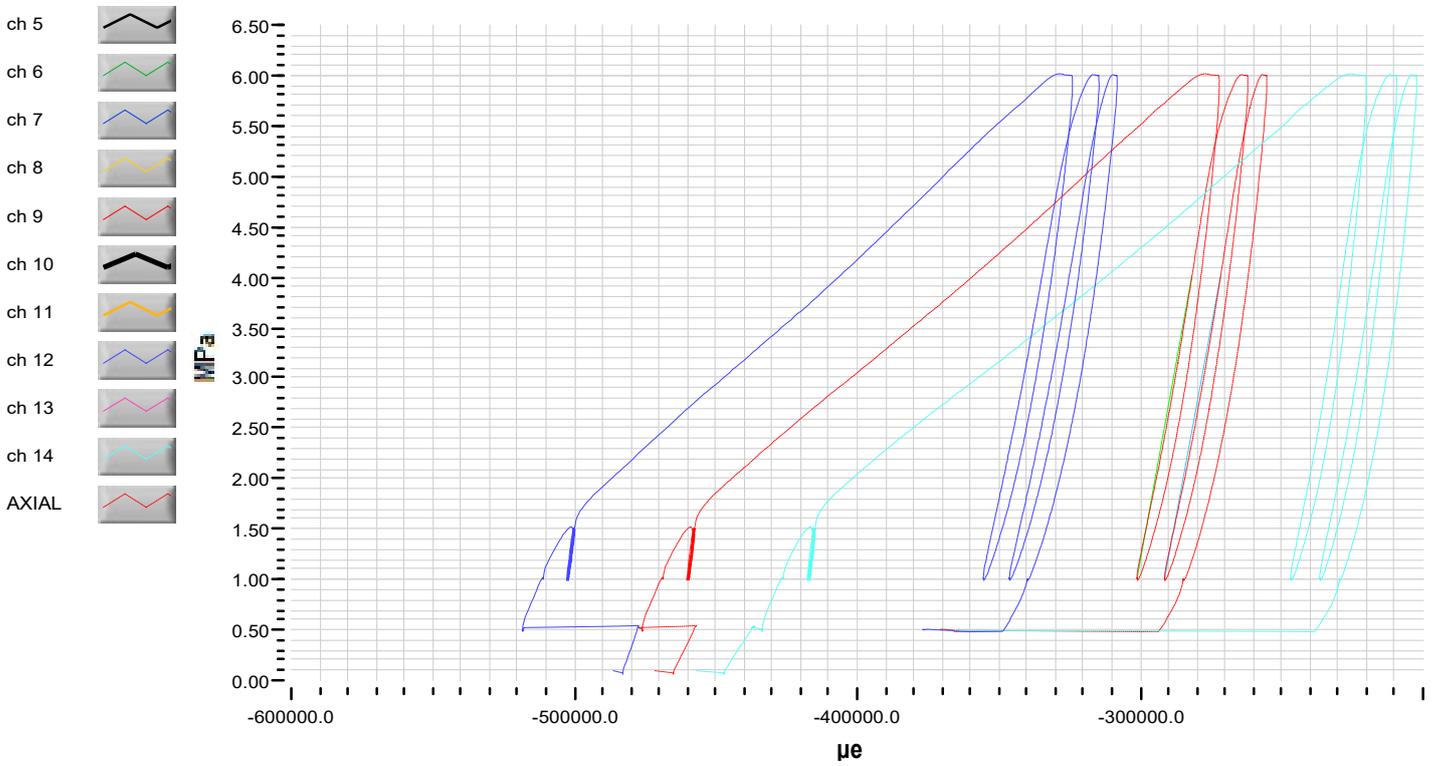
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0004

Fecha : 31/12/1903

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : R-S-1.0-2

*Fecha ensayo* : 05/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 10\*10\*20cm *Area* (mm<sup>2</sup>): 9874.5

*Edad* : 251 *Peso* (Kg) : 3.853

*Base de medida* (mm) : 3

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 28/01/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 1.01$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 161.89

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 4.03$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 160.69

$\epsilon_{f1} -448341.2\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 1.00$  MPa

$\epsilon_{f2} -429649.5\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 4.01$  MPa

*Descripcion* : Probeta probada a resistencia a la compresion

*Notas* : Se coloca uno por eje

---

*Numero certificado* : 0024 *Fecha certificado* : 05/10/2020

*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

*Notas* :

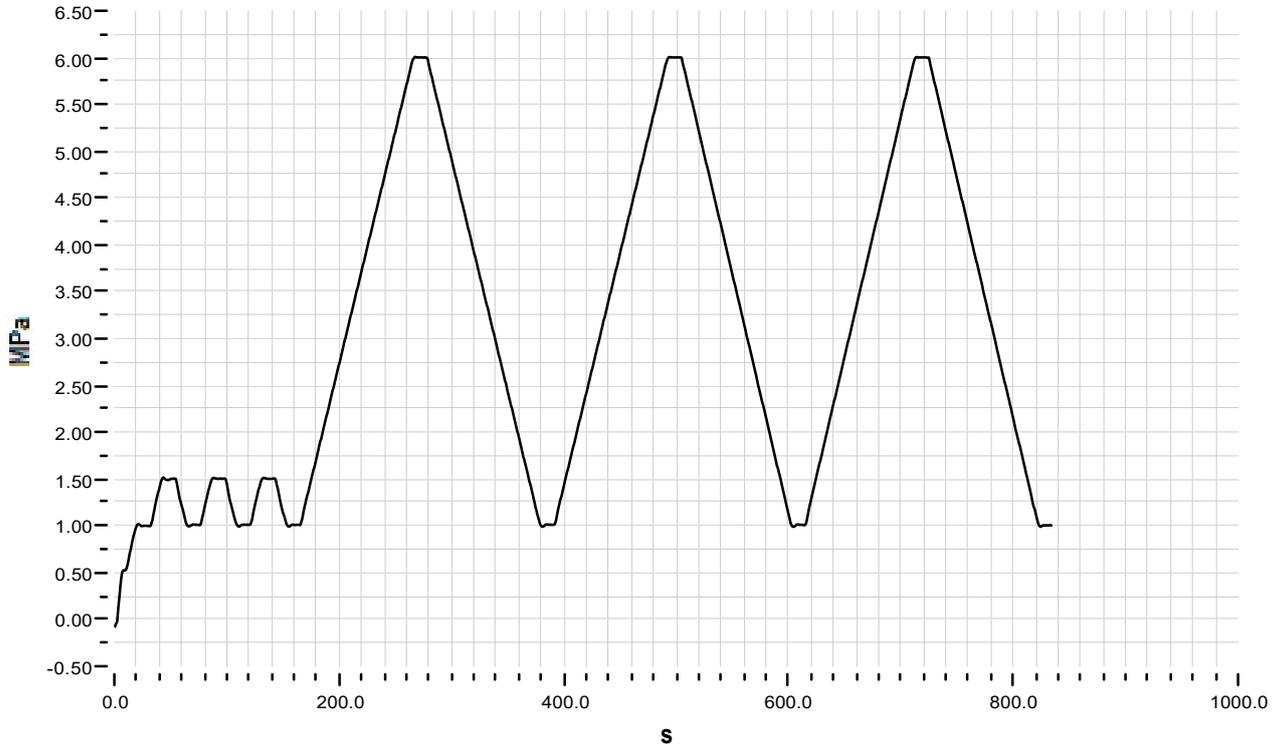
---

*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

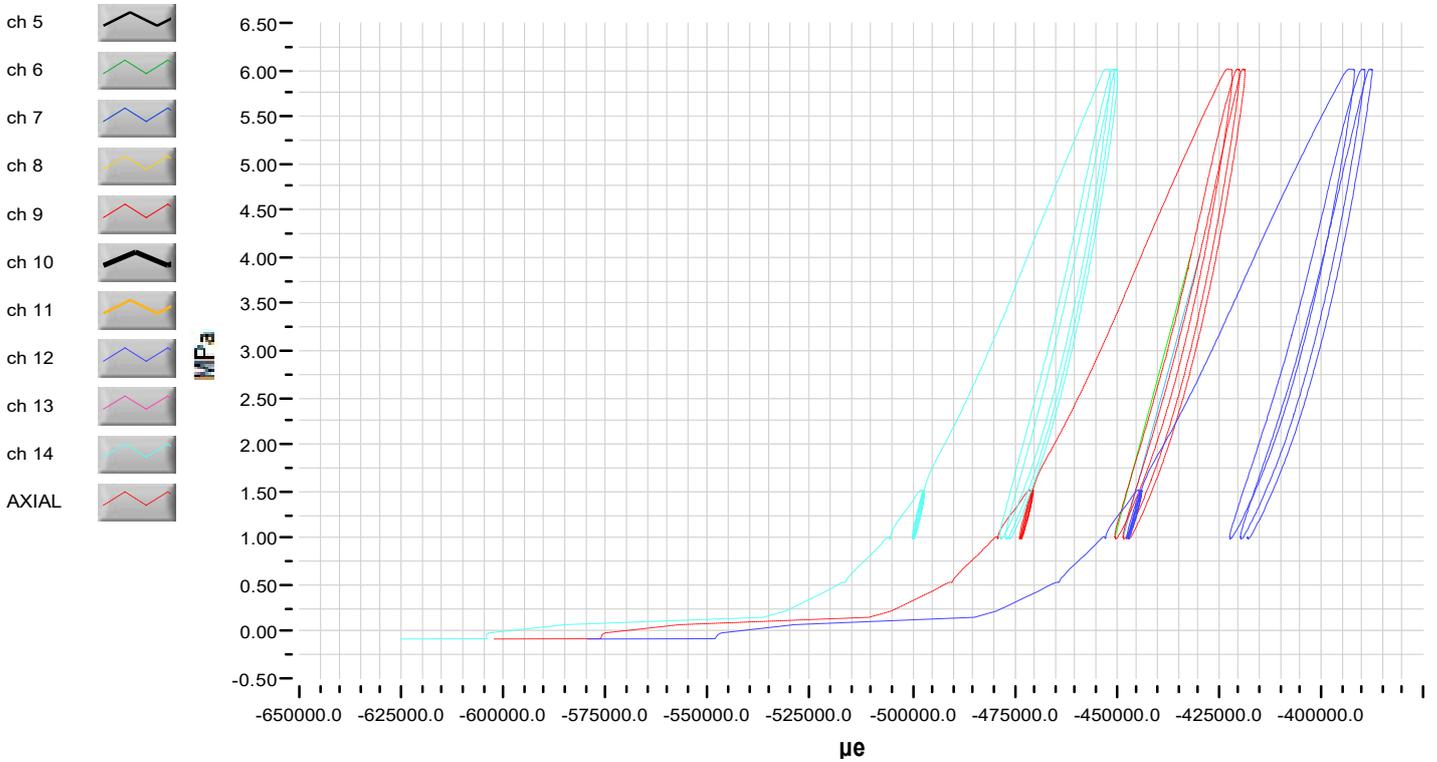
*Titulo* : Ingeniero Civil

UAA

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0024

Fecha : 05/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : R-S-1.5-2

Fecha ensayo : 12/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 99.1\*98.8\*199.5      Area (mm<sup>2</sup>): 9798.8

Edad : 256      Peso (Kg) : 3.712

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F      Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 30/01/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i1} = 0.61$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 105.53

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$      $\sigma_{i2} = 2.41$     MPa      Modulo Elastico    MPa      : 105.01

$\epsilon_{f1} -355130.6\mu\epsilon$      $\sigma_{f1} = 0.61$     MPa

$\epsilon_{f2} -338037.6\mu\epsilon$      $\sigma_{f2} = 2.40$     MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0015      Fecha certificado : 12/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

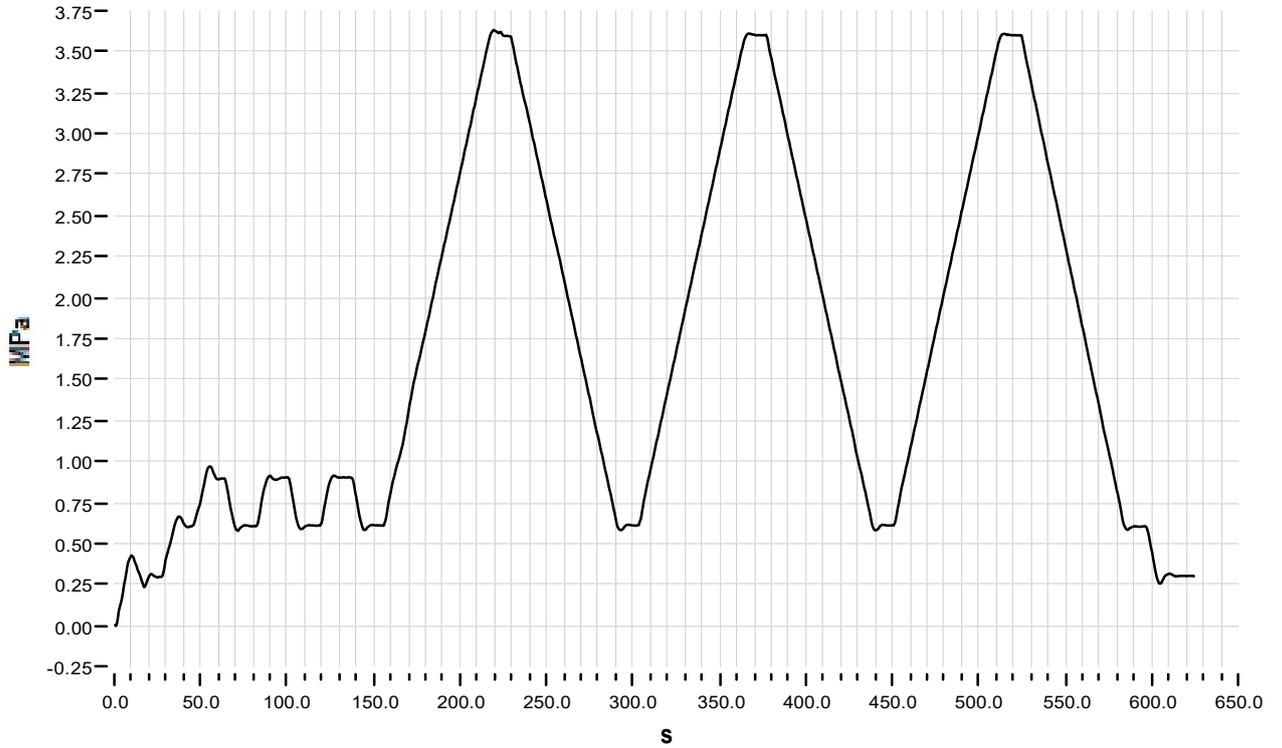
Notas :

---

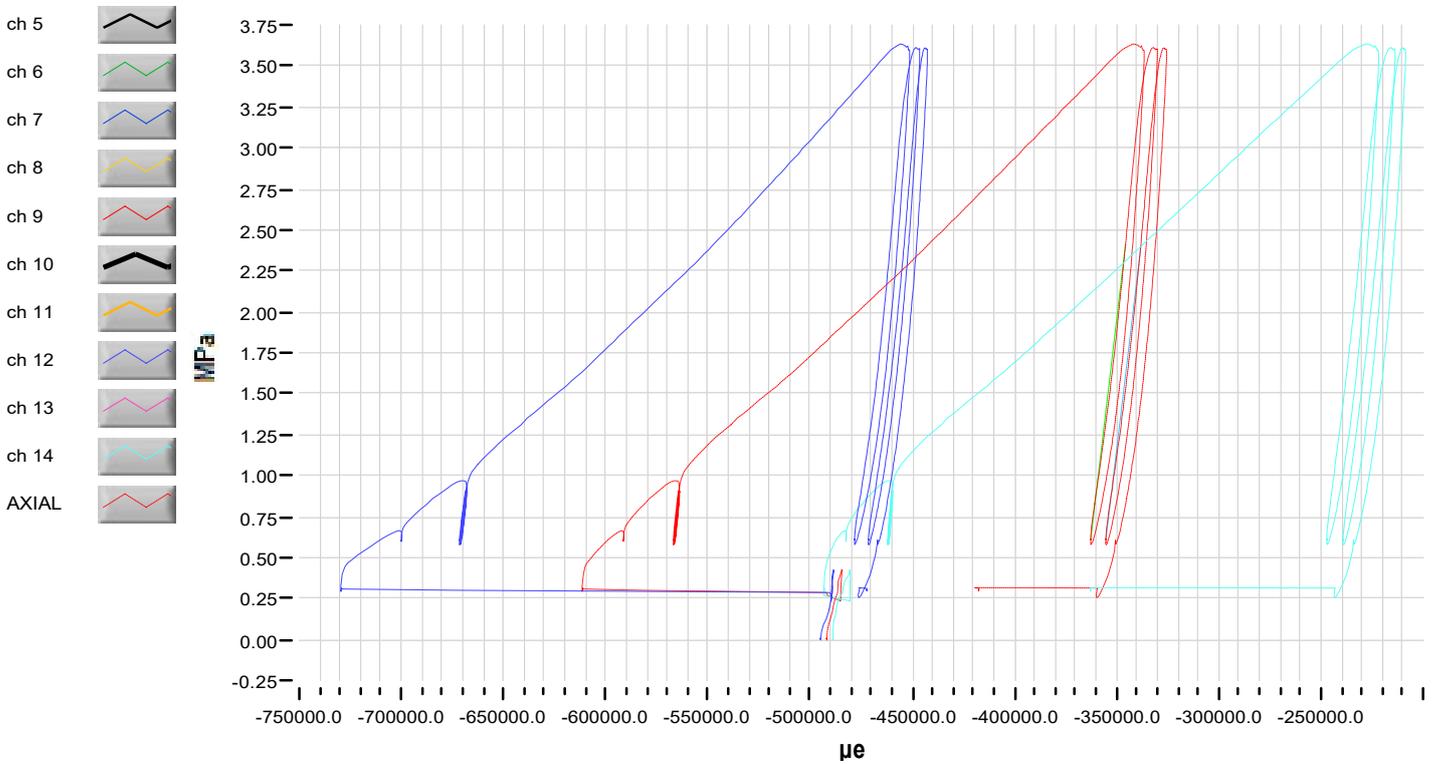
Operador      Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0015

Fecha : 12/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : R-S-1.5-3

Fecha ensayo : 09/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.5\*98.6\*200.0 Area (mm<sup>2</sup>): 9710.3

Edad : 253 Peso (Kg) : 3.682

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 30/01/2020

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.62$  MPa Modulo Elastico MPa : 114.45

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 2.41$  MPa Modulo Elastico MPa : 114.72

$\epsilon_{f1} -437697.5\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.61$  MPa

$\epsilon_{f2} -422103.6\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 2.40$  MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

Numero certificado : 0014 Fecha certificado : 09/10/2020

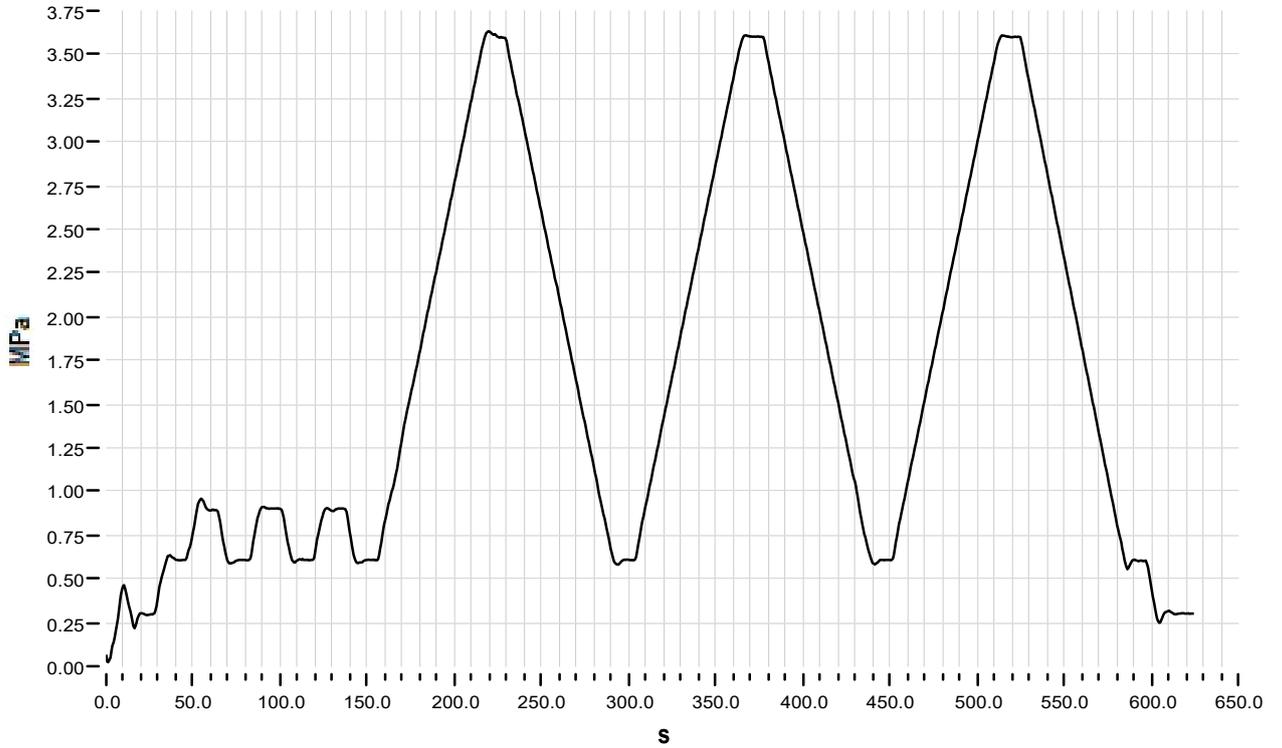
Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

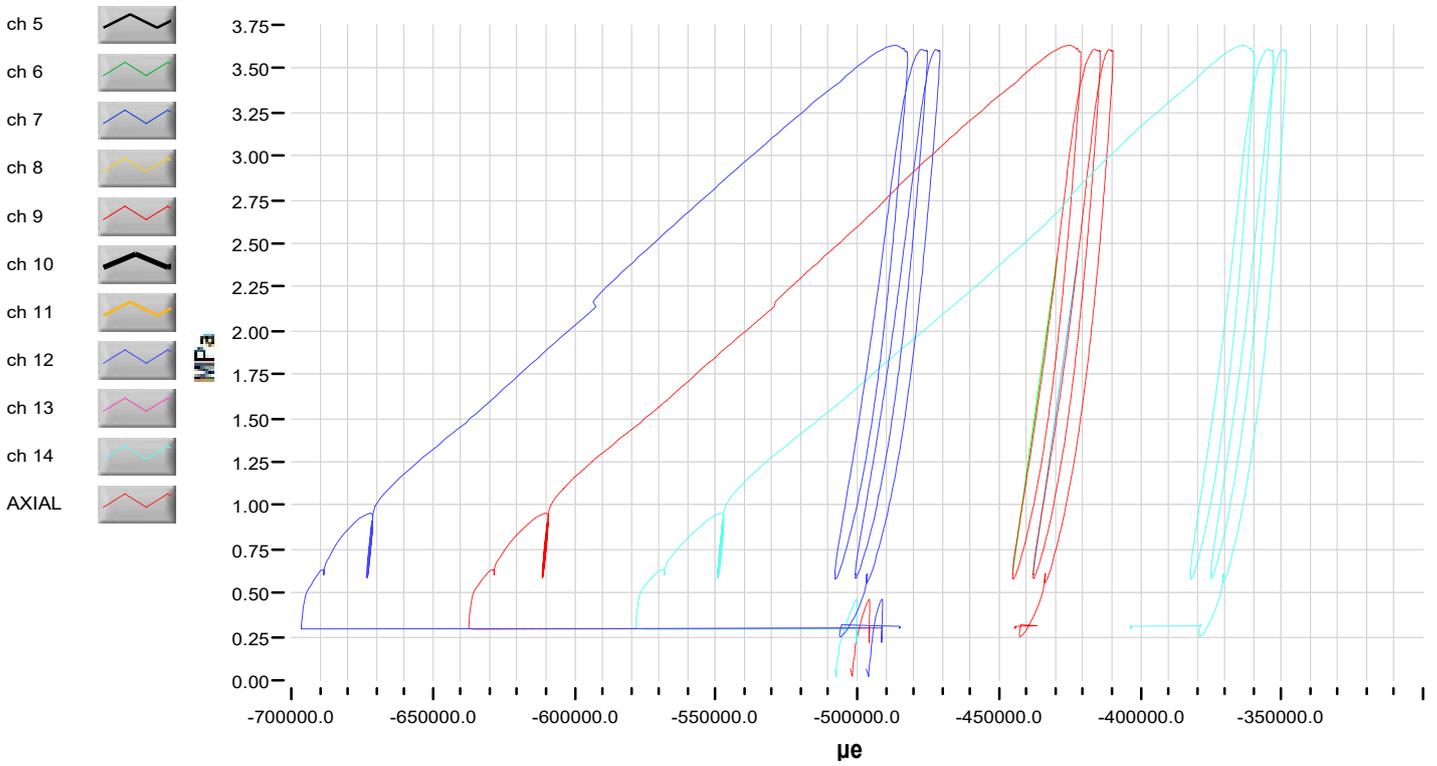
Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0014

Fecha : 09/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

**Datos de identificación de ensayo**

*Cliente* : Miguel Angel Flores Olivares

*Numero de identificación* : R-S-2.0-2

*Fecha ensayo* : 13/10/2020

**Datos de identificación de la muestra**

*Fecha muestra* : Prisma Cuadrangular

*Dimensiones* (mm) : 99.3\*99.0\*200.7 *Area* (mm<sup>2</sup>): 9836.8

*Edad* : 246 *Peso* (Kg) : 3.64

*Base de medida* (mm) : 100

*Tipo extensímetros* : 55/C0222/F *Numero extensímetros* : 2

*Fecha muestreo* : 10/02/2020

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.40$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 74.74

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 1.60$  MPa *Modulo Elastico* MPa : 73.84

$\epsilon_{f1} -150185.5\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.40$  MPa

$\epsilon_{f2} -133767.1\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 1.62$  MPa

*Descripcion* :

*Notas* : Se coloca uno por eje

*Numero certificado* : 0020

*Fecha certificado* : 13/10/2020

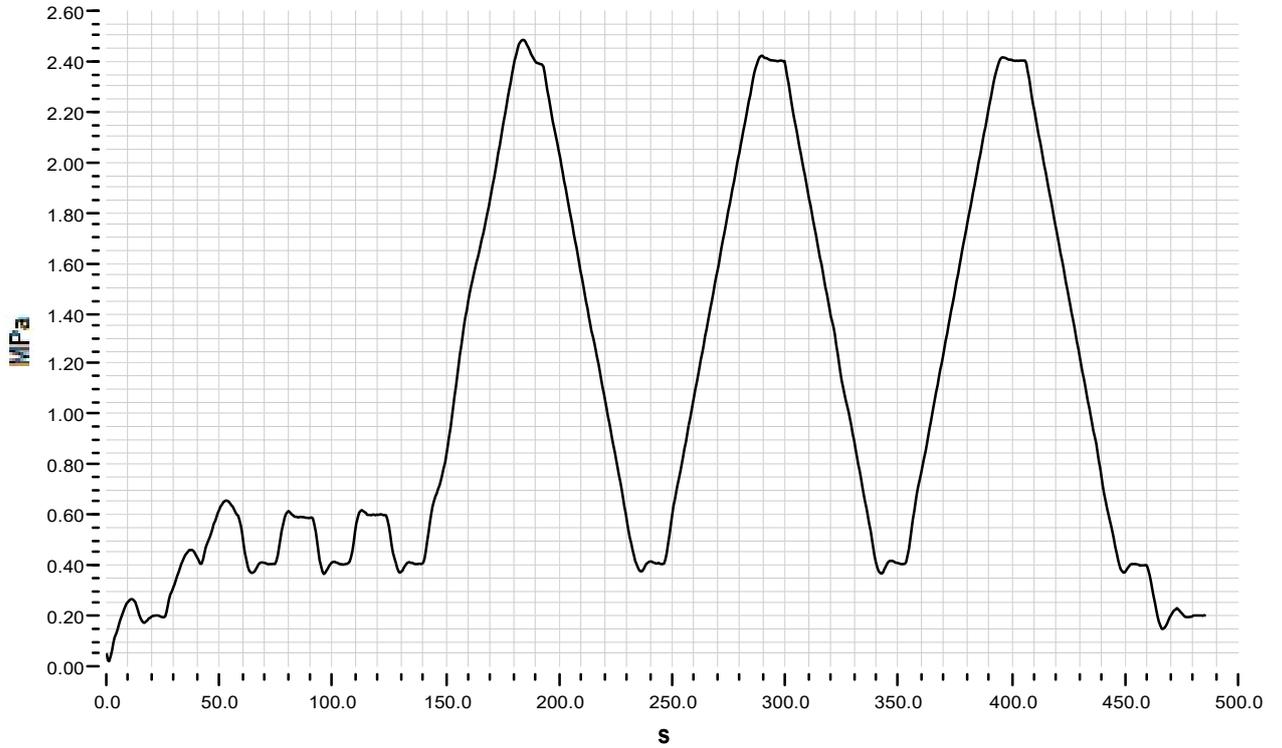
*Equipos de ensayo* : 70-S12Z00

*Notas* :

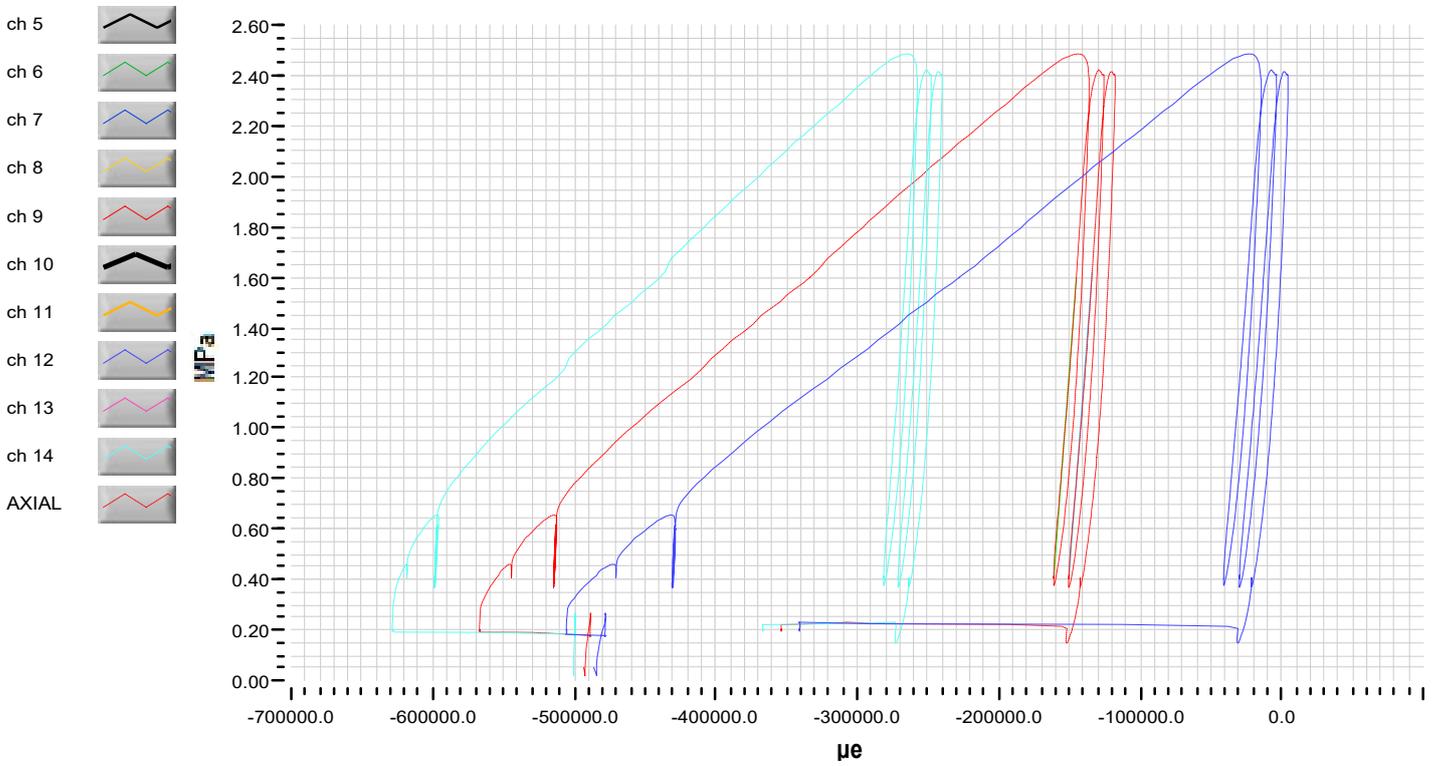
*Operador* Miguel Angel Flores Olivares

*Titulo* : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0020

Fecha : 13/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

---

**Datos de identificación de ensayo**

Cliente : Miguel Angel Flores Olivares

Numero de identificación : R-S-2.0-3

Fecha ensayo : 13/10/2020

---

**Datos de identificación de la muestra**

Fecha muestra : Prisma Cuadrangular

Dimensiones (mm) : 98.8\*99.0\*198.7 Area (mm<sup>2</sup>): 9786.2

Edad : 196 Peso (Kg) : 3.622

Base de medida (mm) : 100

Tipo extensímetros : 55/C0222/F Numero extensímetros : 2

Fecha muestreo : 31/03/2020

---

**Resultados de ensayo**

$\epsilon_{i1} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i1} = 0.41$  MPa Modulo Elastico MPa : 82.41

$\epsilon_{i2} = \mu\epsilon$   $\sigma_{i2} = 1.60$  MPa Modulo Elastico MPa : 81.83

$\epsilon_{f1} -504389.2\mu\epsilon$   $\sigma_{f1} = 0.40$  MPa

$\epsilon_{f2} -489510.5\mu\epsilon$   $\sigma_{f2} = 1.62$  MPa

Descripcion :

Notas : Se coloca uno por eje

---

Numero certificado : 0021 Fecha certificado : 13/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

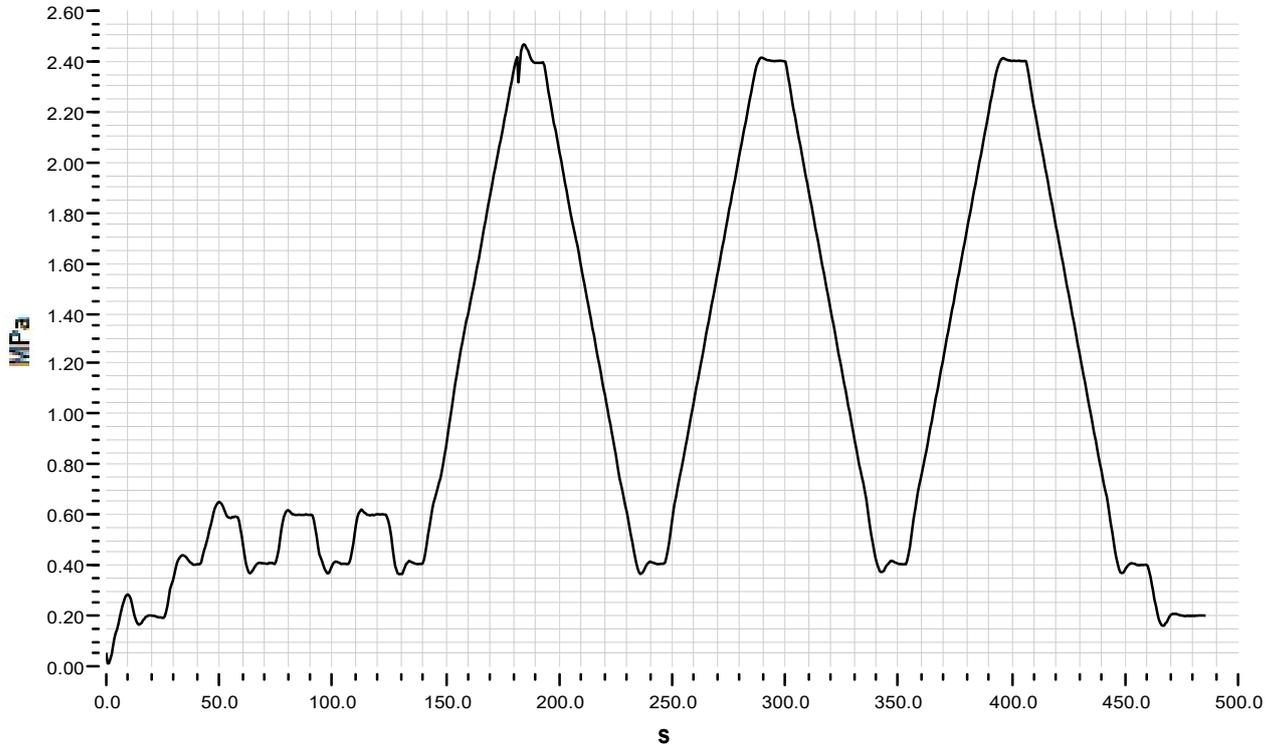
Notas :

---

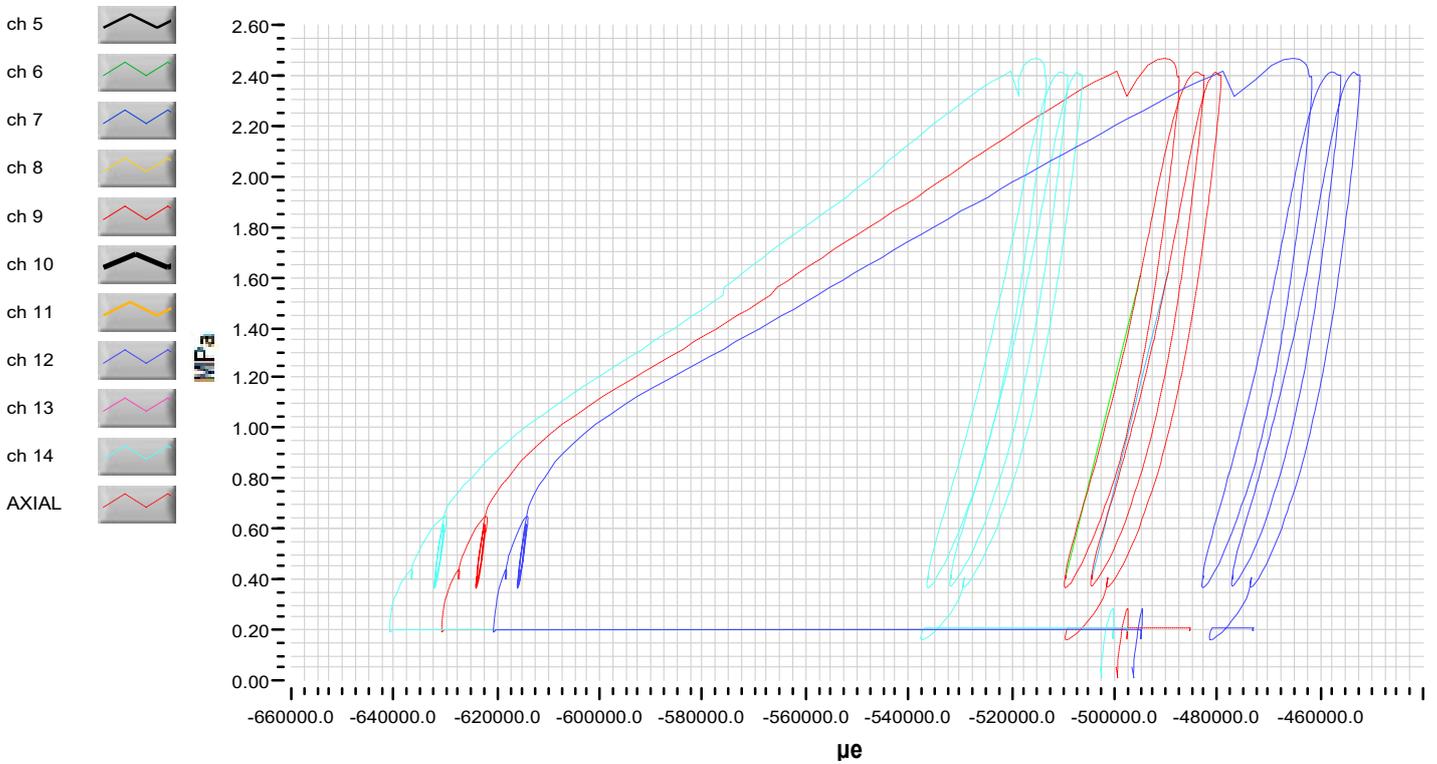
Operador Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

**Grafica Esfuerzo/Tiempo**



**Grafico Esfuerzo/Deformacion**



Numero certificado : 0021

Fecha : 13/10/2020

Equipos de ensayo : 70-S12Z00

Notas :

Operador

Miguel Angel Flores Olivares

Titulo : Ingeniero Civil

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0007 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-1.0-2

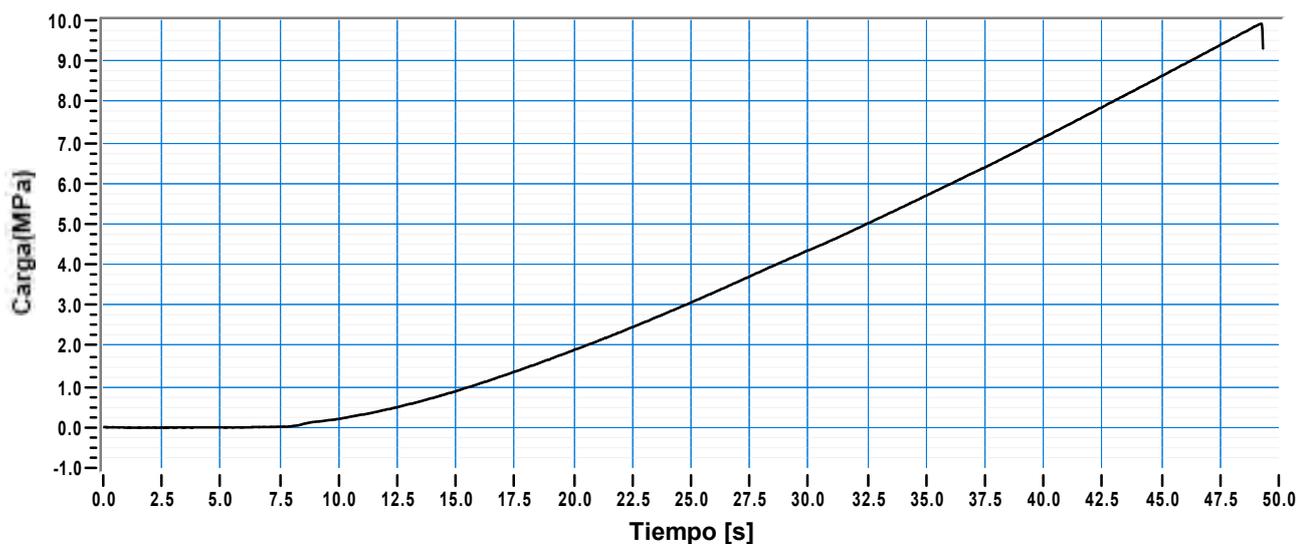
Dimensiones Masa [Kg] : 3.585  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9811.4 Edad [gg] : 181 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 97.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 9.92

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0018 Fecha certificado : 07/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/01/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 30/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-1.0-3

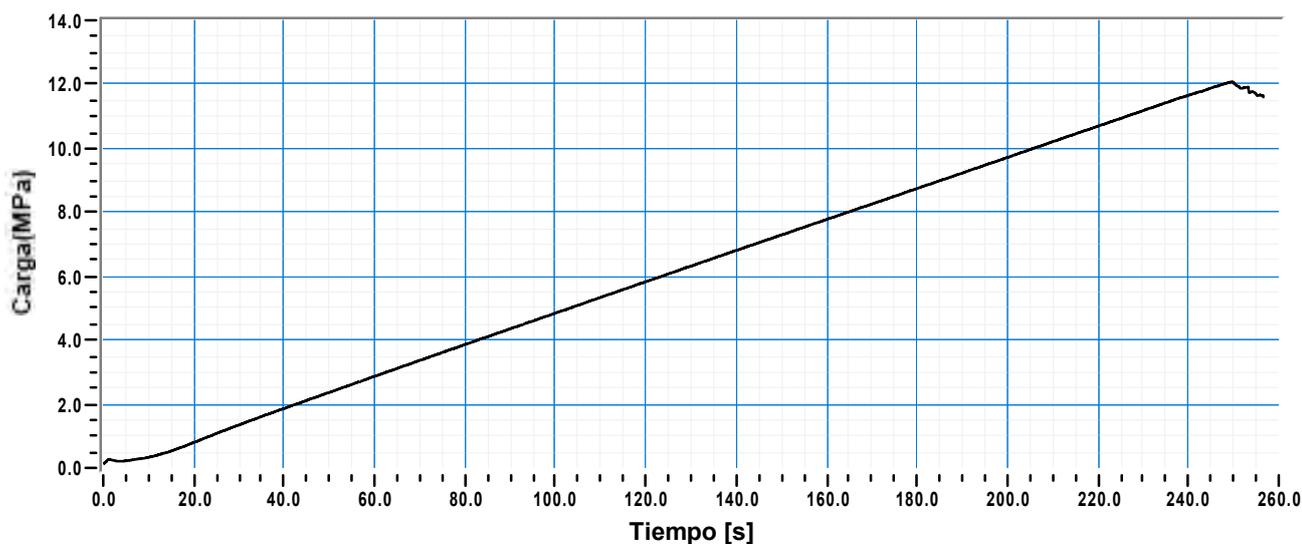
Dimensiones Masa [Kg] : 3.461  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9748.0 Edad [gg] : 251 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 118.00 Fecha ensayo : 07/10/2020  
Fuerza [MPa] : 12.07

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0027 Fecha certificado : 09/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 06/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 06/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-1.5-1

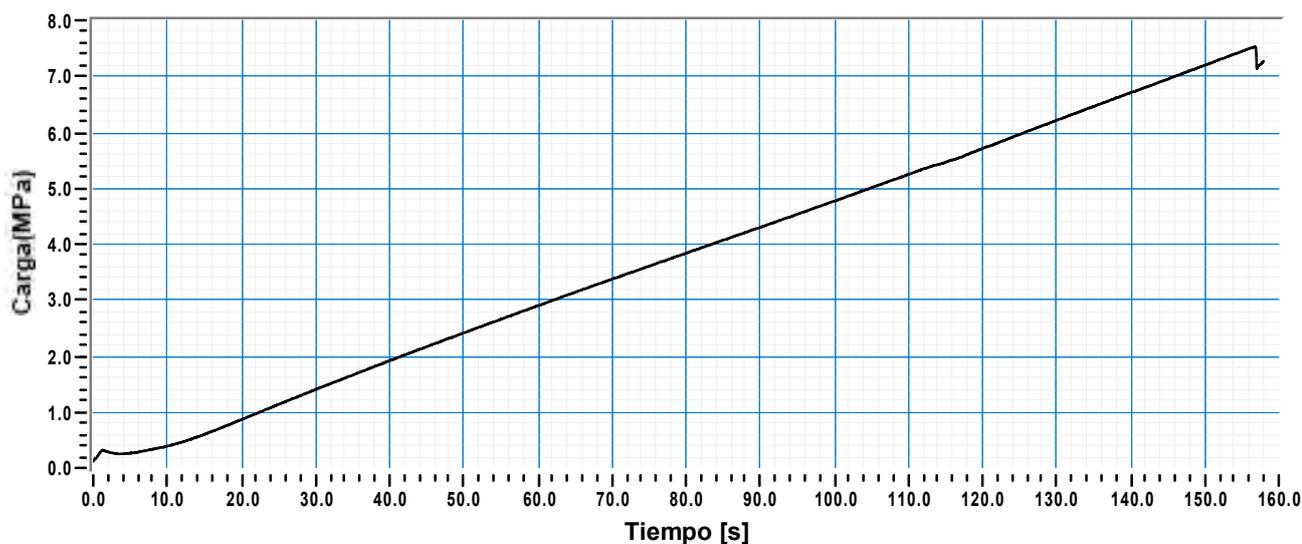
Dimensiones Masa [Kg] : 3.405  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9748.3 Edad [gg] : 246 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 73.40 Fecha ensayo : 09/10/2020  
Fuerza [MPa] : 7.53

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0026 Fecha certificado : 09/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 06/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 06/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-1.5-2

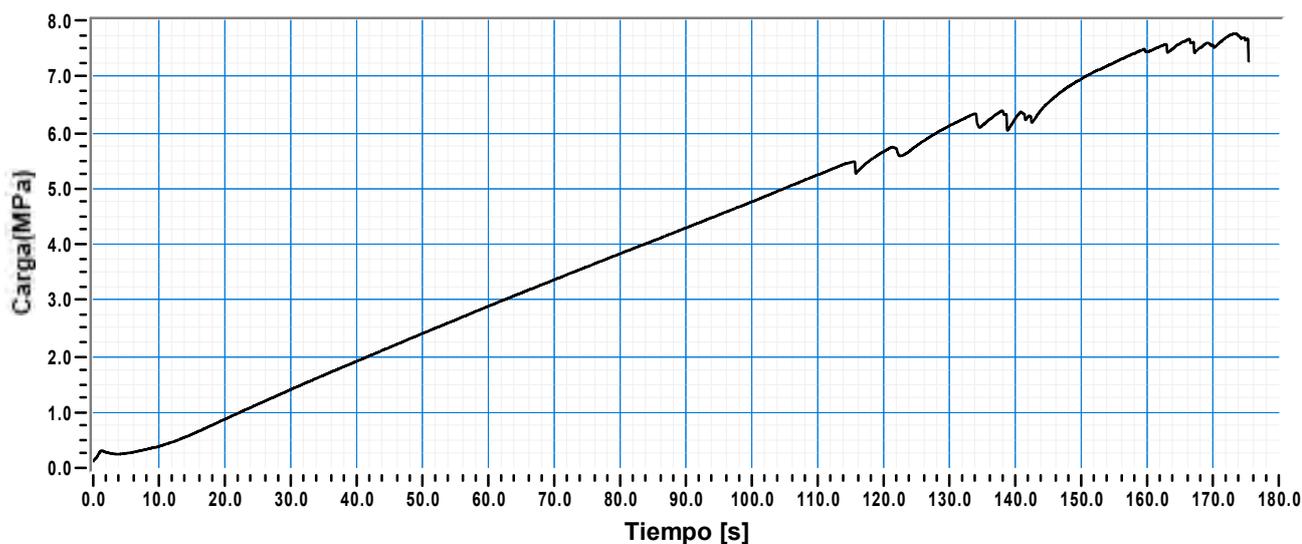
Dimensiones Masa [Kg] : 3.579  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9748.3 Edad [gg] : 246 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 76.00 Fecha ensayo : 09/10/2020  
Fuerza [MPa] : 7.76

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0006 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 06/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-1.5-3

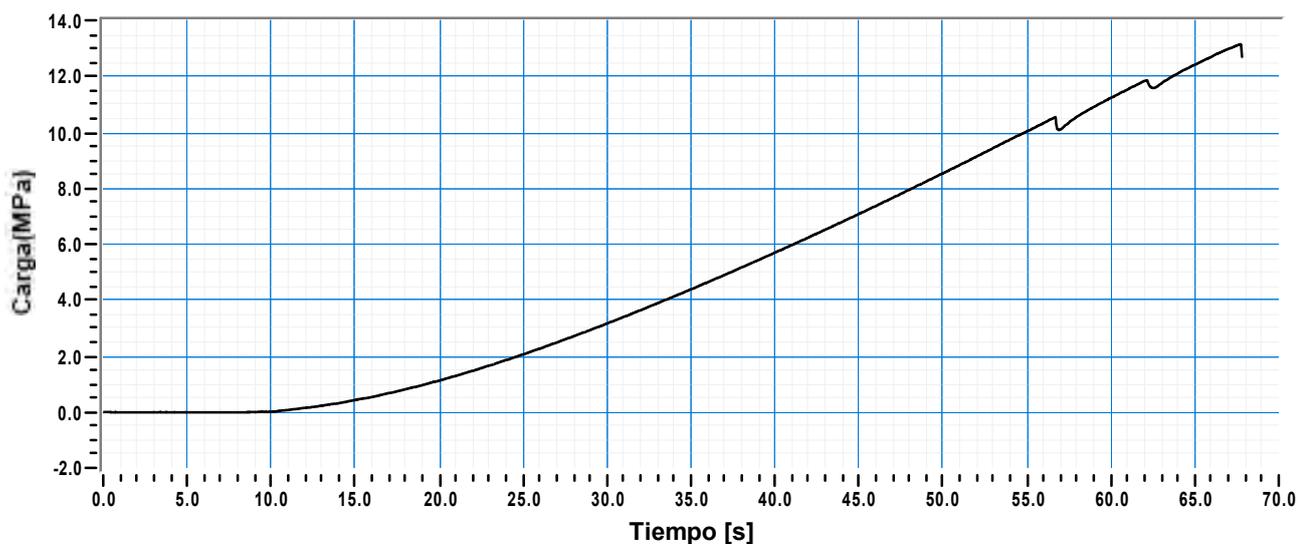
Dimensiones Masa [Kg] : 3.455  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9722.9 Edad [gg] : 236 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 103.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 13.15

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0033 Fecha certificado : 13/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 02/04/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 02/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-2.0-1

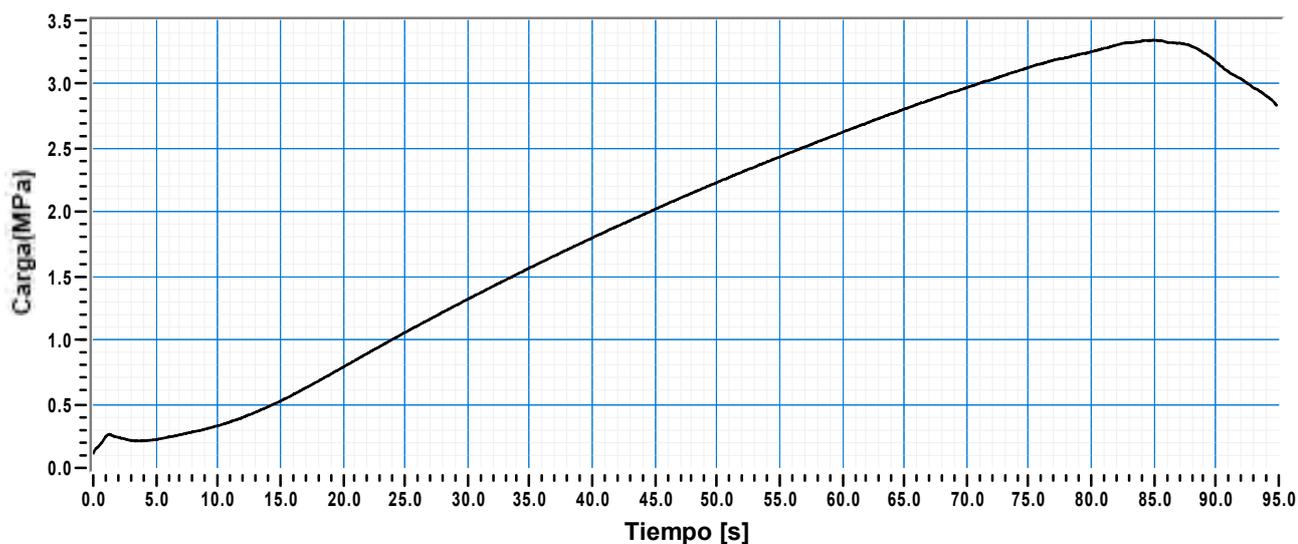
Dimensiones Masa [Kg] : 3.652  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9722.7 Edad [gg] : 194 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 33.00 Fecha ensayo : 13/10/2020  
Fuerza [MPa] : 3.35

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0032 Fecha certificado : 12/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 02/04/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 02/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-2.0-2

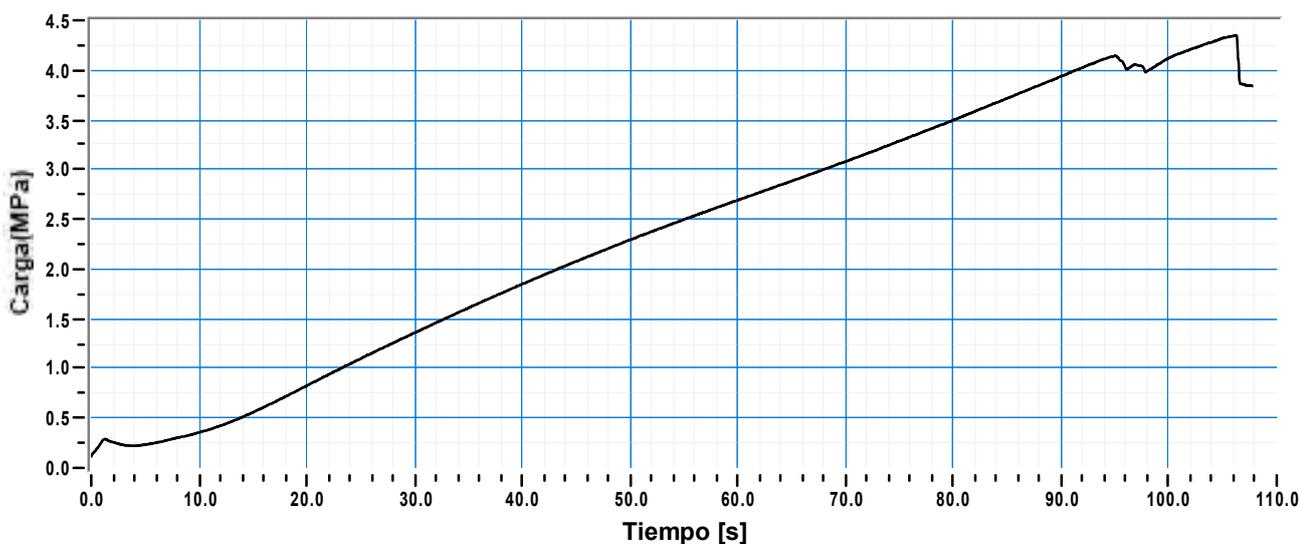
Dimensiones Masa [Kg] : 3.406  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9761.0 Edad [gg] : 193 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 42.00 Fecha ensayo : 12/10/2020  
Fuerza [MPa] : 4.35

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0010 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 02/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-C-2.0-3

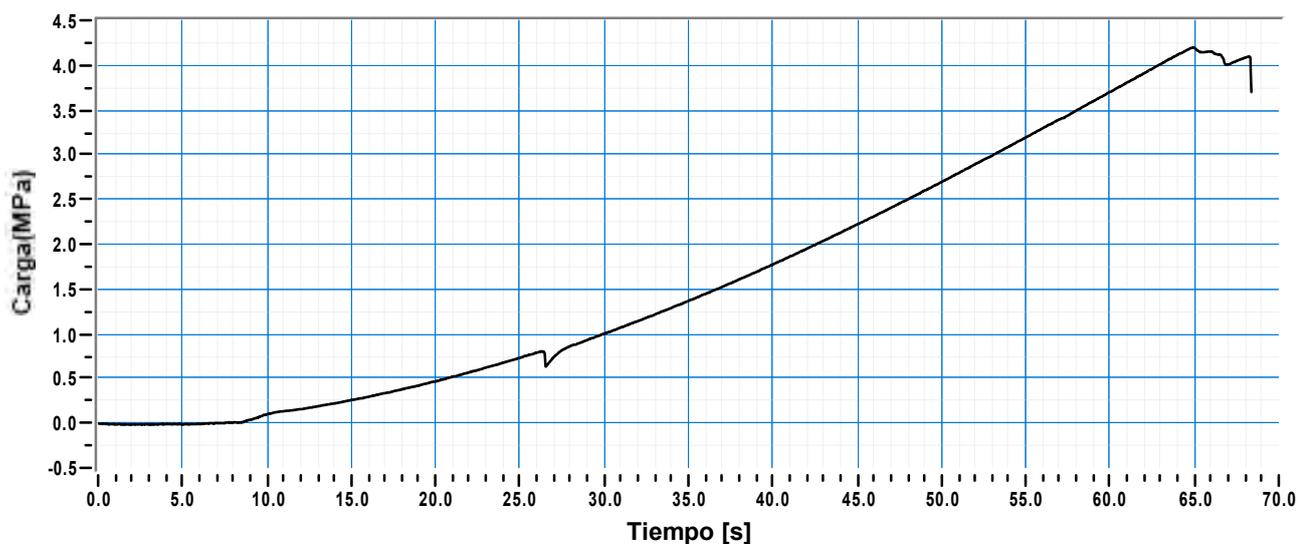
Dimensiones Masa [Kg] : 3.426  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9646.6 Edad [gg] : 180 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 41.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 4.20

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0014 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 28/01/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 28/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-1.0-1

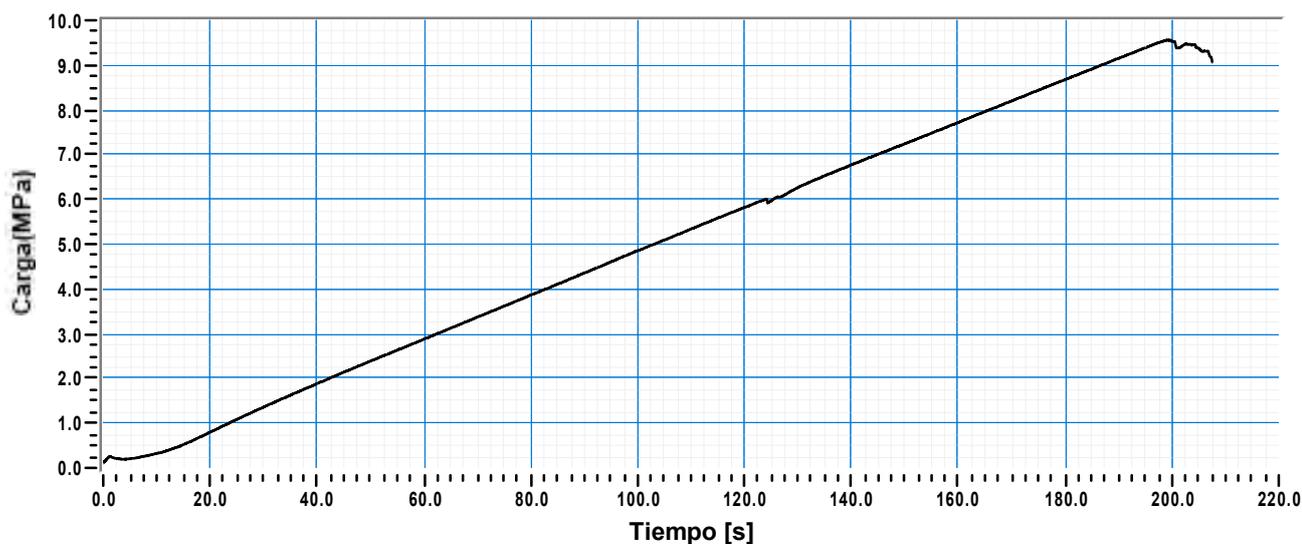
Dimensiones Masa [Kg] : 2.573  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9811.6 Edad [gg] : 252 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 94.00 Fecha ensayo : 06/10/2020  
Fuerza [MPa] : 9.56

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0015 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 28/01/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 28/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-1.0-2

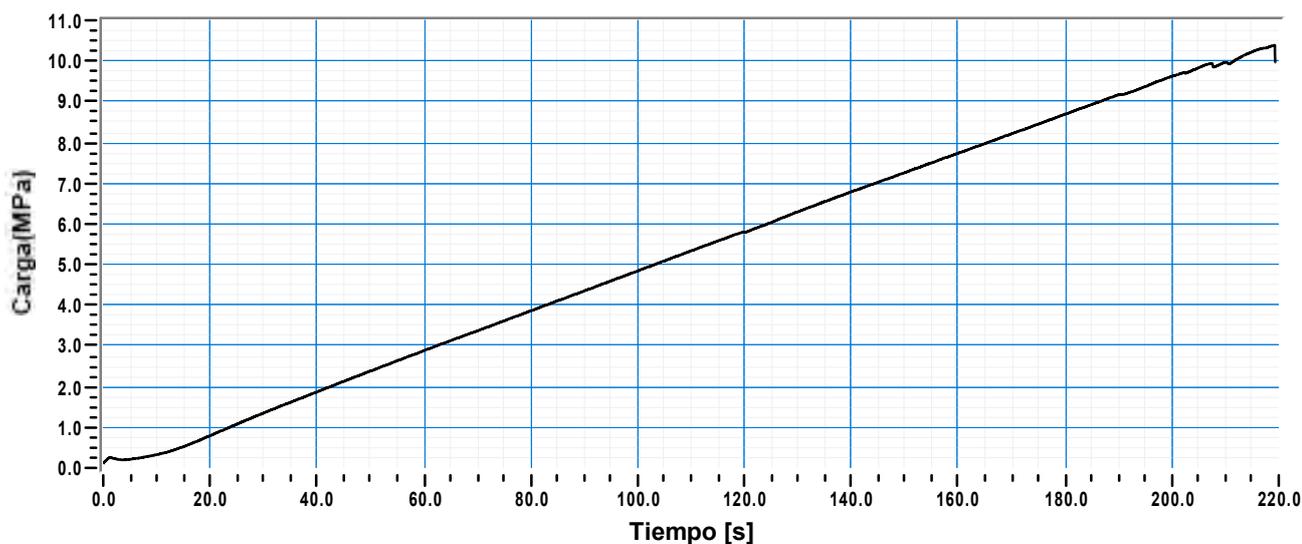
Dimensiones Masa [Kg] : 3.514  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9786.3 Edad [gg] : 252 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 102.00 Fecha ensayo : 06/10/2020  
Fuerza [MPa] : 10.39

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0013 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-1.0-3

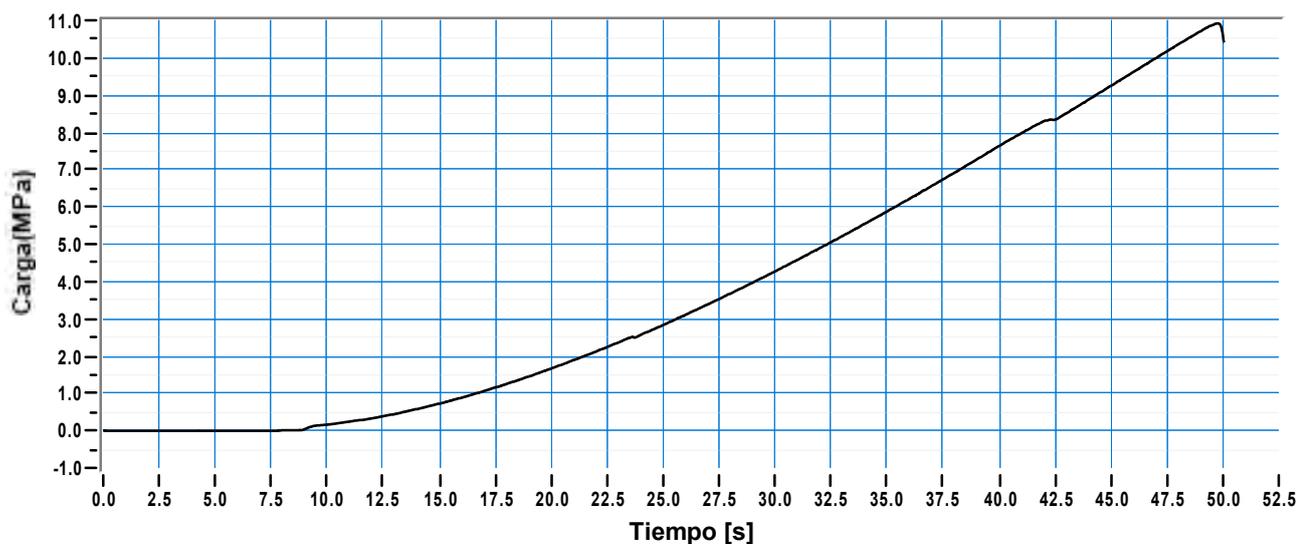
Dimensiones Masa [Kg] : 3.452  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9659.5 Edad [gg] : 182 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 105.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 10.92

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0025 Fecha certificado : 09/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/01/2020

Condiciones muestra:

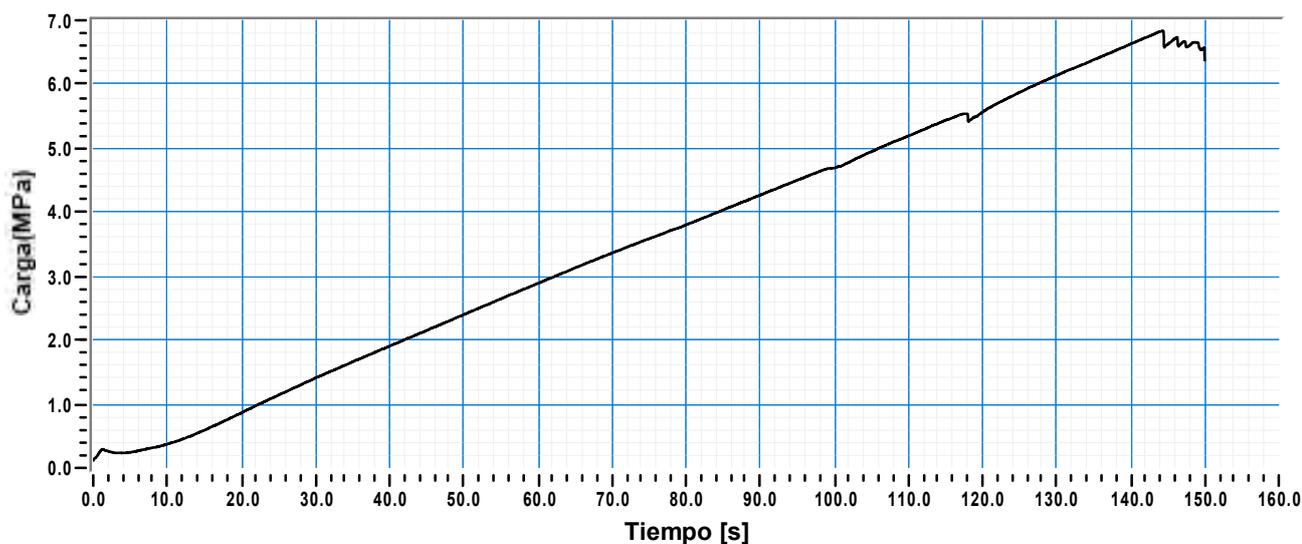
Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 30/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-1.5-1

Dimensiones Masa [Kg] : 3.437  
Densidad [Kg/m3] : Inf  
Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Area [mm2] : 9849.3 Edad [gg] : 253 Fecha ensayo : 09/10/2020  
Carga de rotura [kN] : 67.00 Fuerza [MPa] : 6.84

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0002 Fecha certificado : 29/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 29/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 30/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-1.5-2

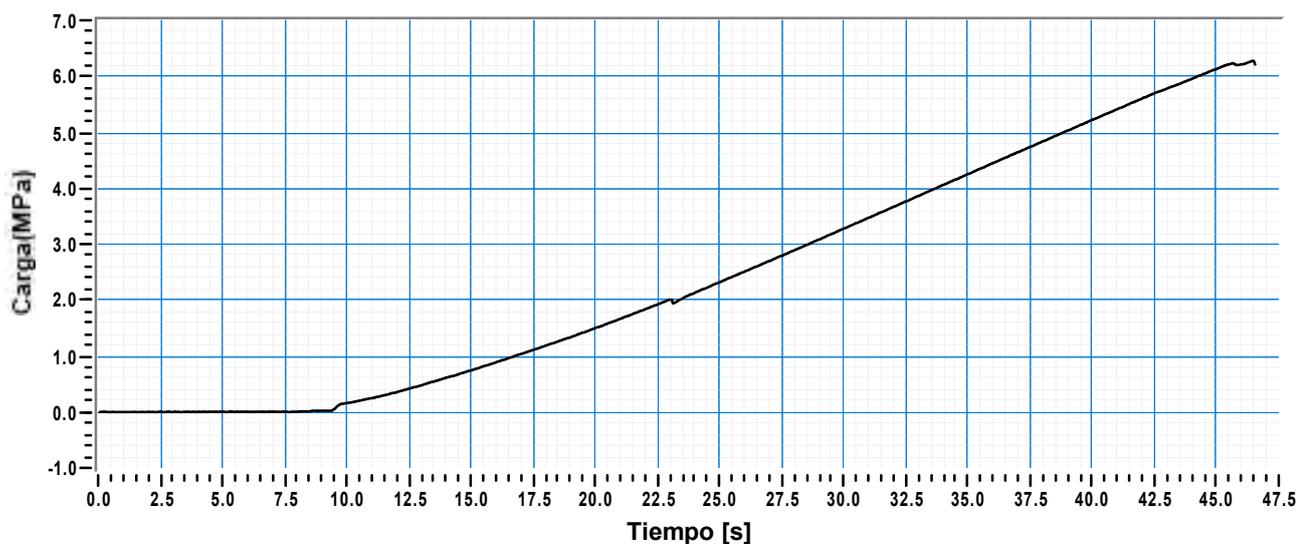
Dimensiones Masa [Kg] : 3.353  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9608.2 Edad [gg] : 243 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 60.00 Fecha ensayo : 29/09/2020  
Fuerza [MPa] : 6.28

Tipo rotura : TYPE 6



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0024 Fecha certificado : 09/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 06/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 06/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-1.5-3

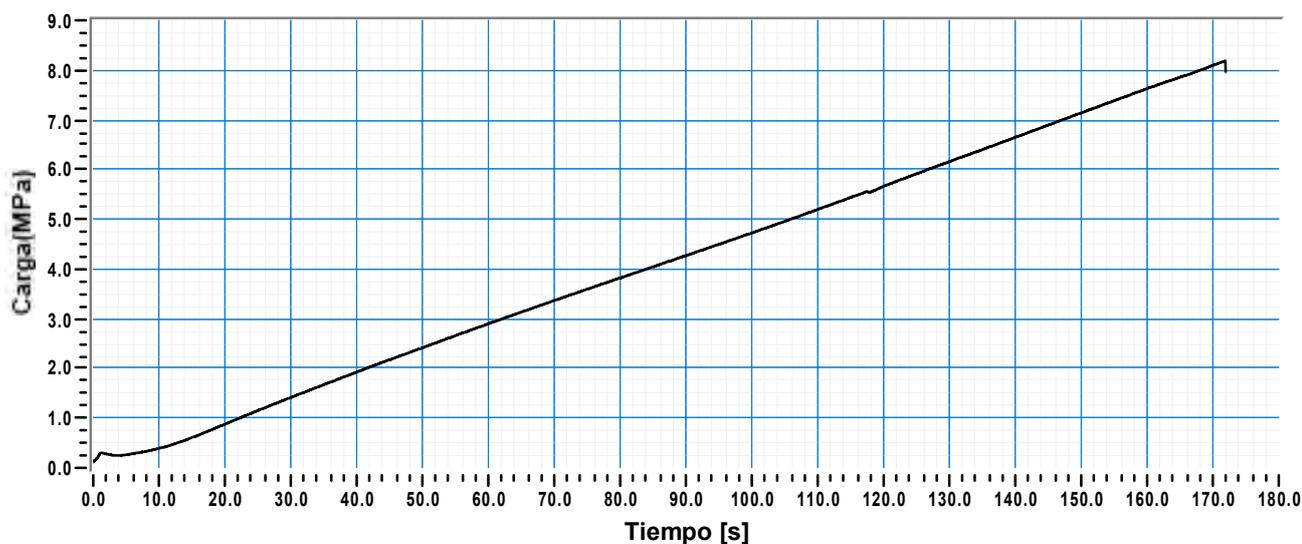
Dimensiones Masa [Kg] : 3.316  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9697.7 Edad [gg] : 245 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 79.00 Fecha ensayo : 09/10/2020  
Fuerza [MPa] : 8.19

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0003 Fecha certificado : 29/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 29/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 13/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-2.0-1

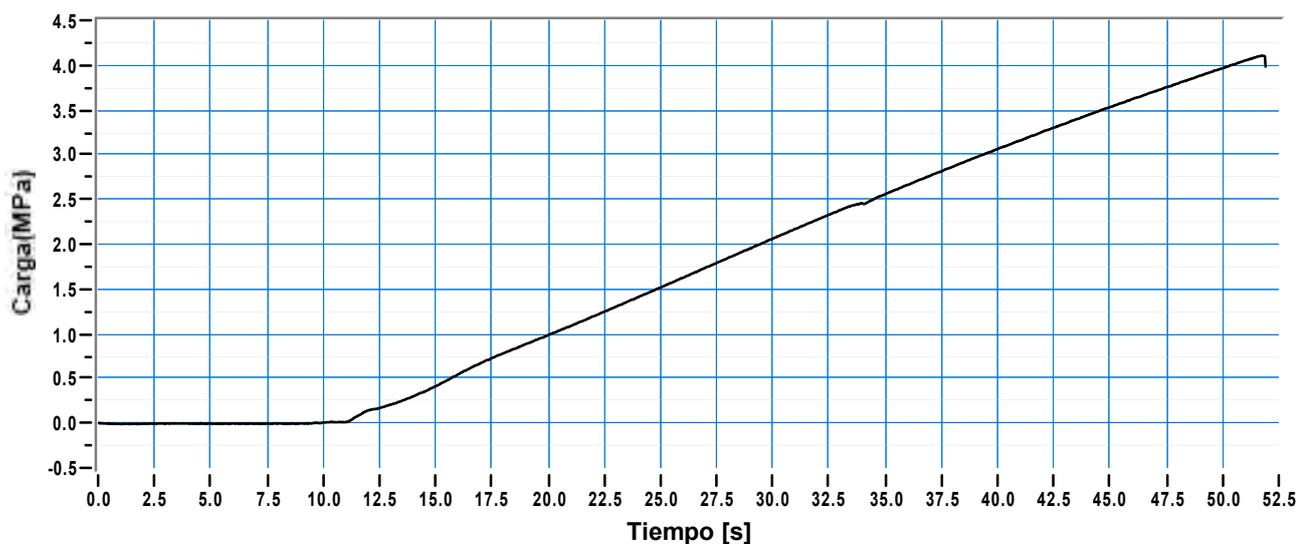
Dimensiones Masa [Kg] : 3.456  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9748.2 Edad [gg] : 229 Fecha ensayo : 29/09/2020  
Carga de rotura [kN] : 40.00 Fuerza [MPa] : 4.11

Tipo rotura : TYPE 6



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0037 Fecha certificado : 14/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 13/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 13/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-2.0-2

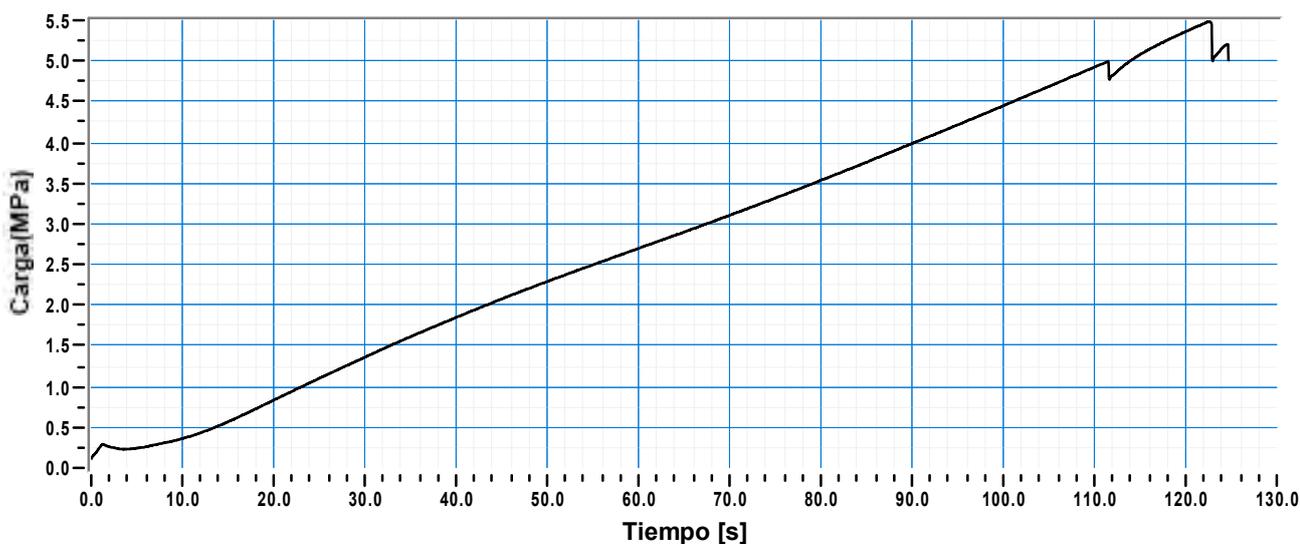
Dimensiones Masa [Kg] : 3.456  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9748.2 Edad [gg] : 244 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 53.00 Fecha ensayo : 14/10/2020  
Fuerza [MPa] : 5.49

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

**Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39**

Certificado numero : 0036 Fecha certificado : 14/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 13/02/2020

**Condiciones muestra:**

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 13/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : C-S-2.0-3

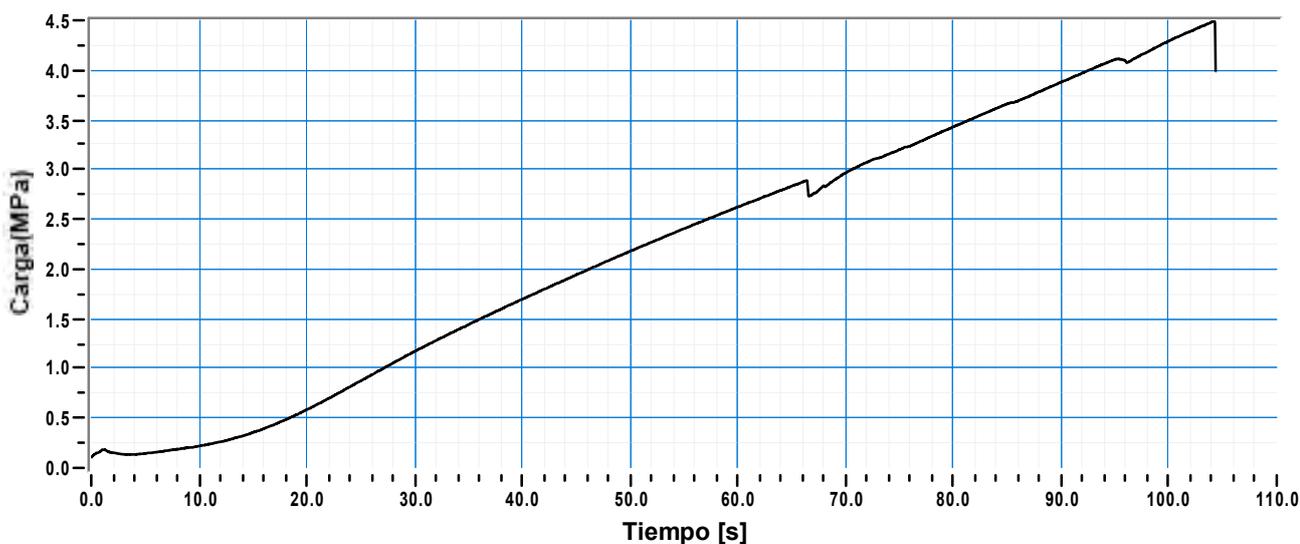
Dimensiones Masa [Kg] : 3.516  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9773.7 Edad [gg] : 244 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 44.00 Fecha ensayo : 14/10/2020  
Fuerza [MPa] : 4.49

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0039 Fecha certificado : 19/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : xxx  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/10/2019

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/10/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : PC-1

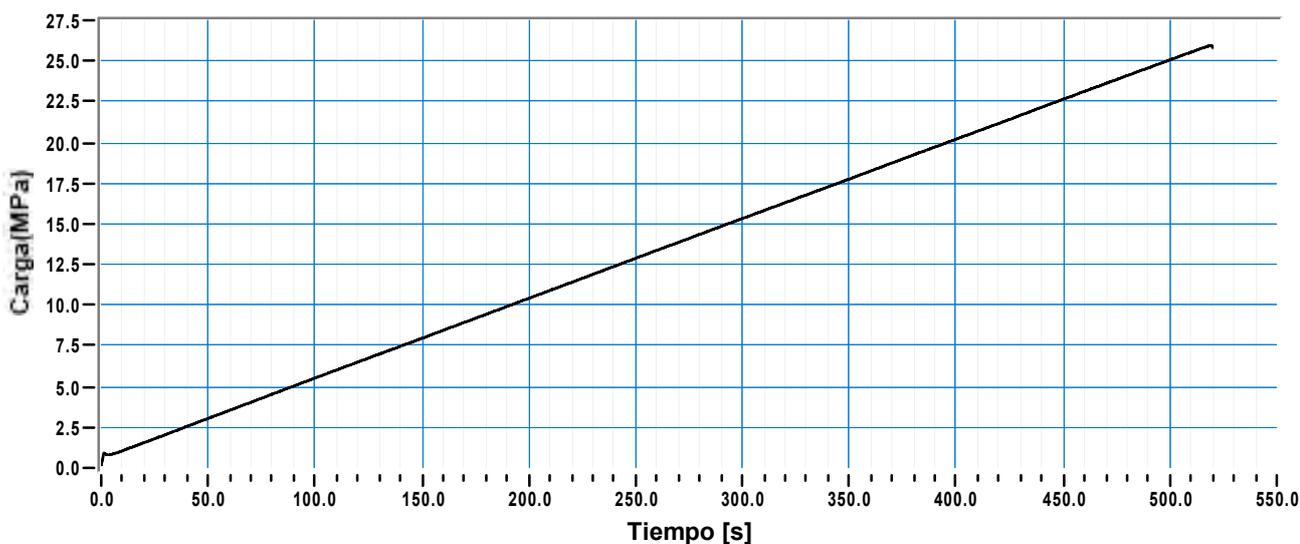
Dimensiones Masa [Kg] : 3.468  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9684.5 Edad [gg] : N/A Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 251.00 Fecha ensayo : 19/10/2020  
Fuerza [MPa] : 25.97

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0040 Fecha certificado : 19/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : xxx  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/10/2019

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/10/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : PC-2

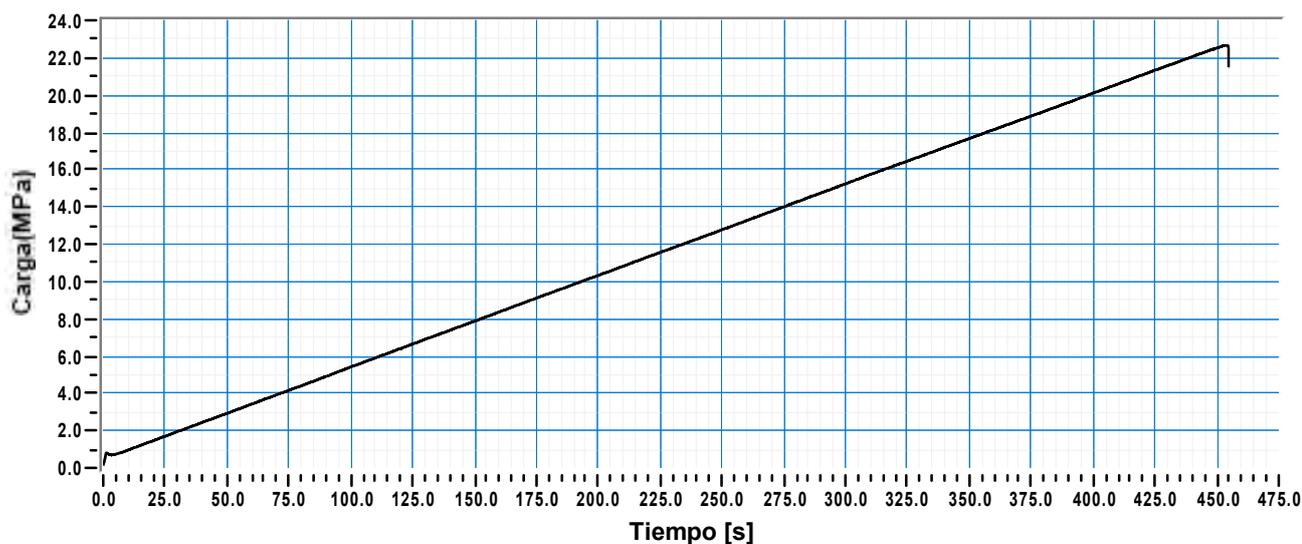
Dimensiones Masa [Kg] : 3.328  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9793.0 Edad [gg] : N/A Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 222.00 Fecha ensayo : 19/10/2020  
Fuerza [MPa] : 22.66

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0038 Fecha certificado : 19/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : xxx  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/10/2019

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/10/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : PC-3

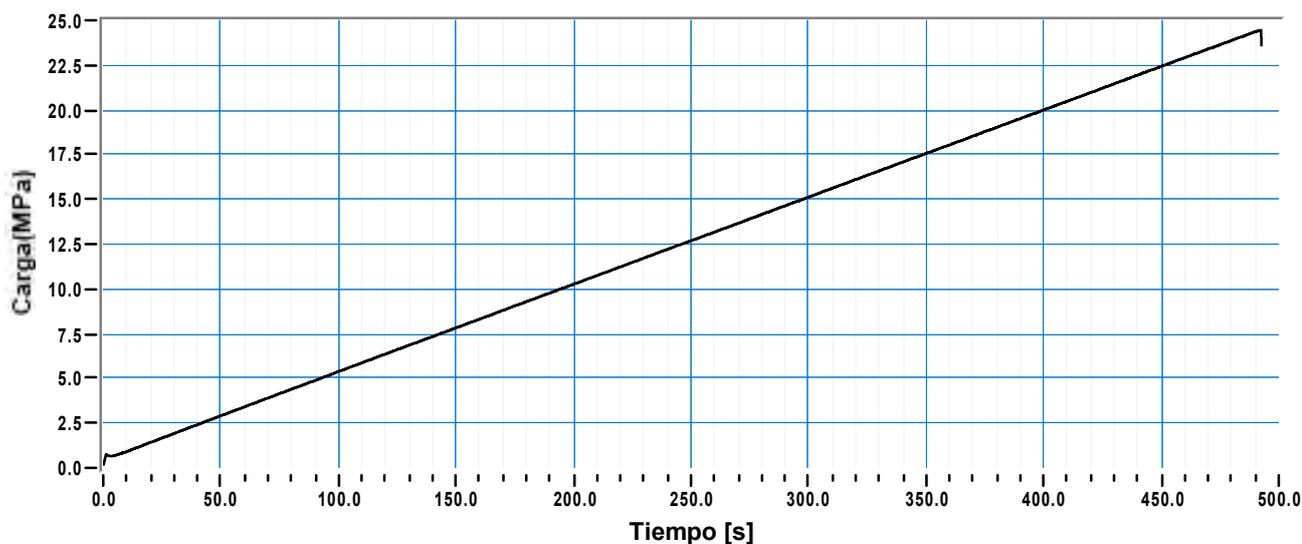
Dimensiones Masa [Kg] : 3.253  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9774.9 Edad [gg] : N/A Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 239.00 Fecha ensayo : 19/10/2020  
Fuerza [MPa] : 24.46

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0001 Fecha certificado : 28/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 2 CAL / 1 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 28/09/2019

Condiciones muestra:

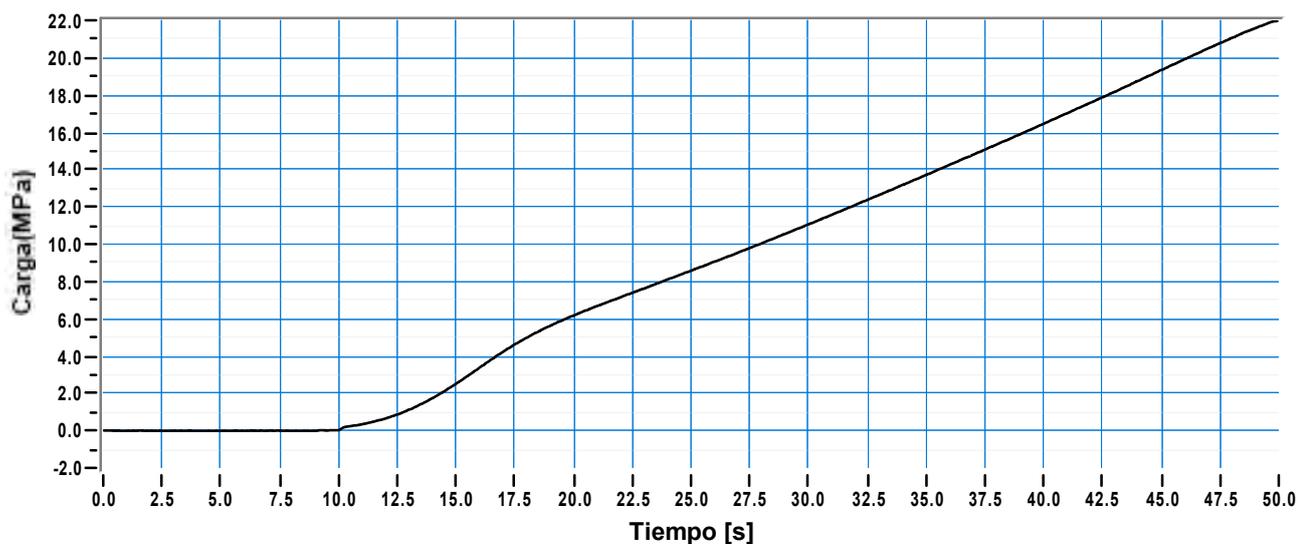
Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 28/09/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : P-P-R

Dimensiones Masa [Kg] : 3.776  
Densidad [Kg/m3] : Inf  
Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Area [mm2] : 7854.0 Edad [gg] : 365 Fecha ensayo : 28/09/2020  
Carga de rotura [kN] : 173.00 Fuerza [MPa] : 21.97

Tipo rotura : TYPE 3



Notas : Los mampuestos de la probeta tronaron junto con la probeta excetpo el de la base.



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0042 Fecha certificado : 20/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : xxx  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/10/2019

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/10/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : PR-1

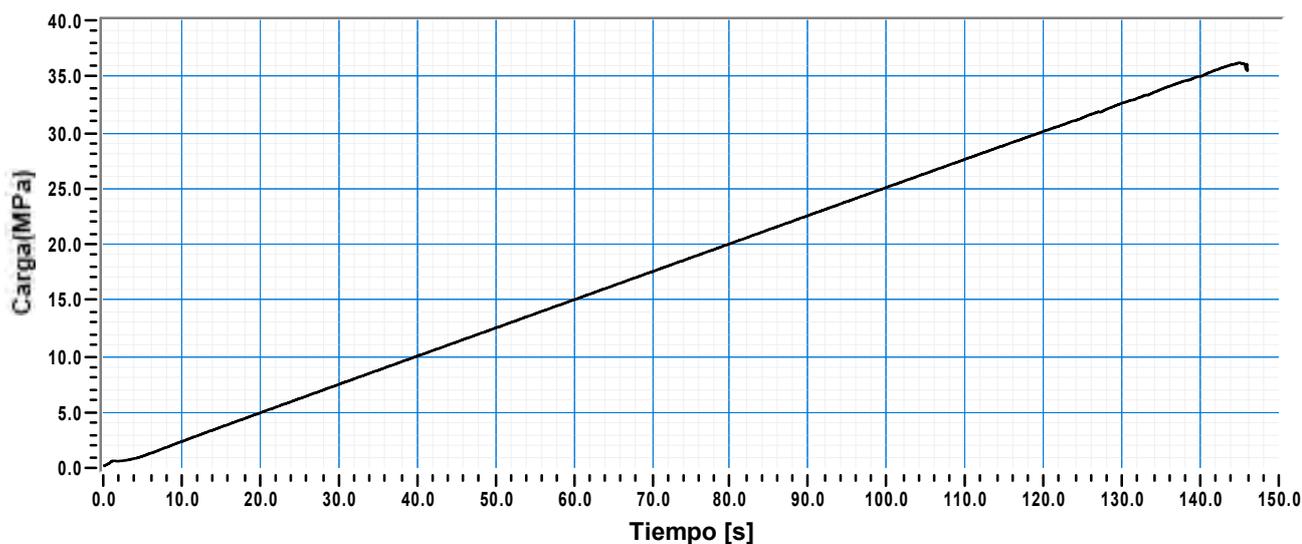
Dimensiones Masa [Kg] : 3.948  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9425.6 Edad [gg] : N/A Velocidad(MPa/s) : 0.250  
Carga de rotura [kN] : 341.00 Fecha ensayo : 19/10/2020  
Fuerza [MPa] : 36.23

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0043 Fecha certificado : 20/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : xxx  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/10/2019

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/10/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : PR-2

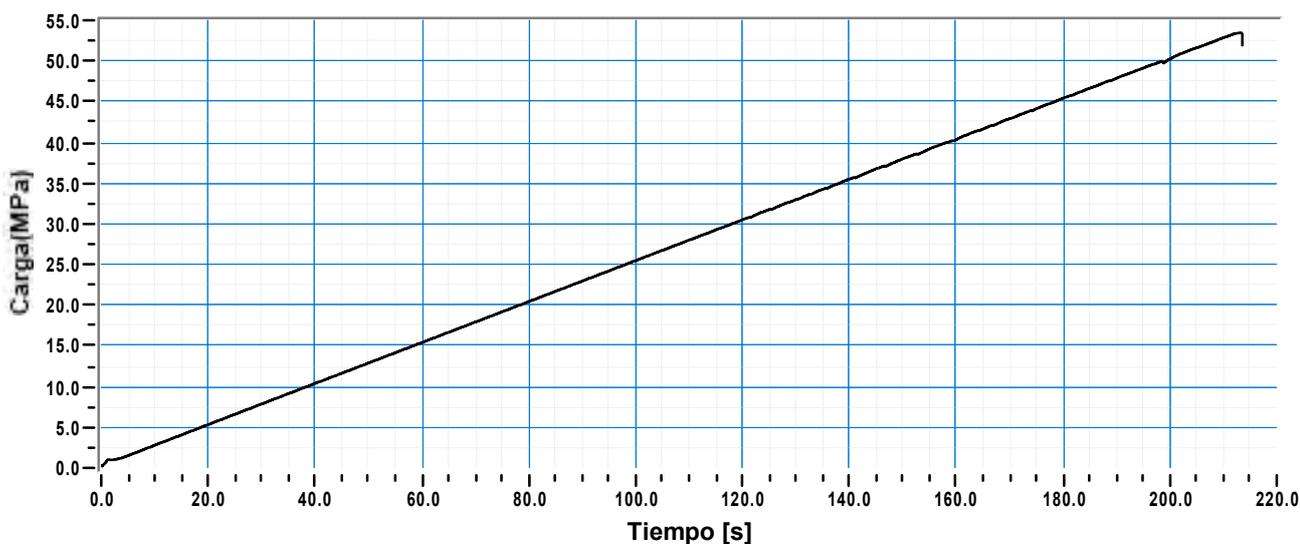
Dimensiones Masa [Kg] : 4.107  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 10086.2 Edad [gg] : N/A Velocidad(MPa/s) : 0.250  
Carga de rotura [kN] : 539.00 Fecha ensayo : 20/10/2020  
Fuerza [MPa] : 53.48

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0041 Fecha certificado : 19/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : xxx  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/10/2019

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/10/2019  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : PR-3

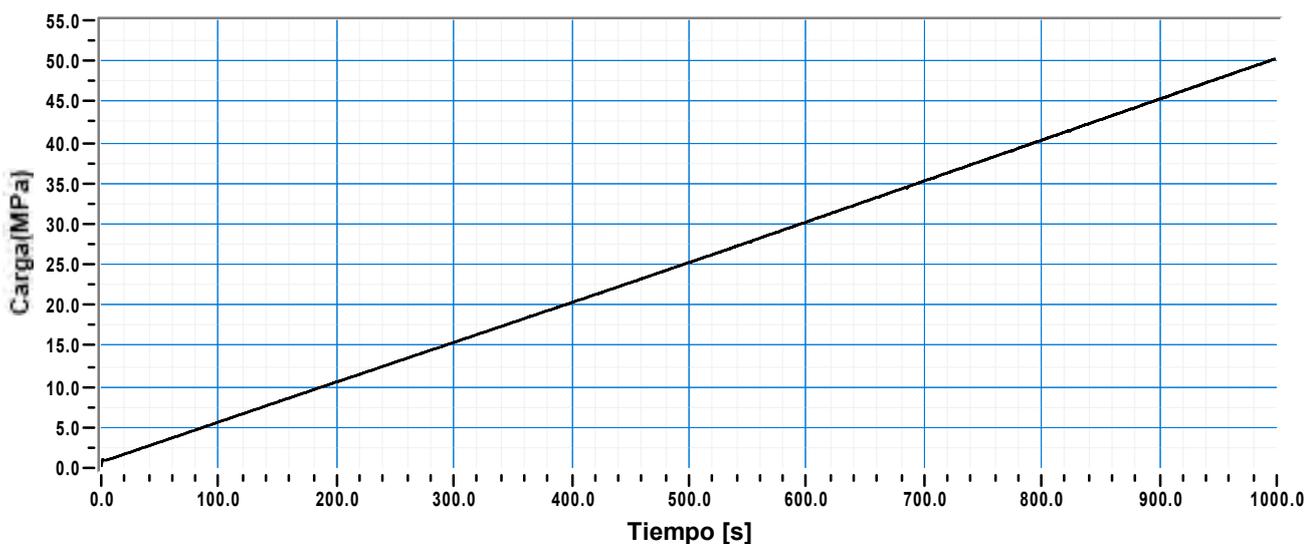
Dimensiones Masa [Kg] : 3.948  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9737.9 Edad [gg] : N/A Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 490.00 Fecha ensayo : 19/10/2020  
Fuerza [MPa] : 50.29

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0005 Fecha certificado : 29/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 29/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 31/03/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-1.0-1

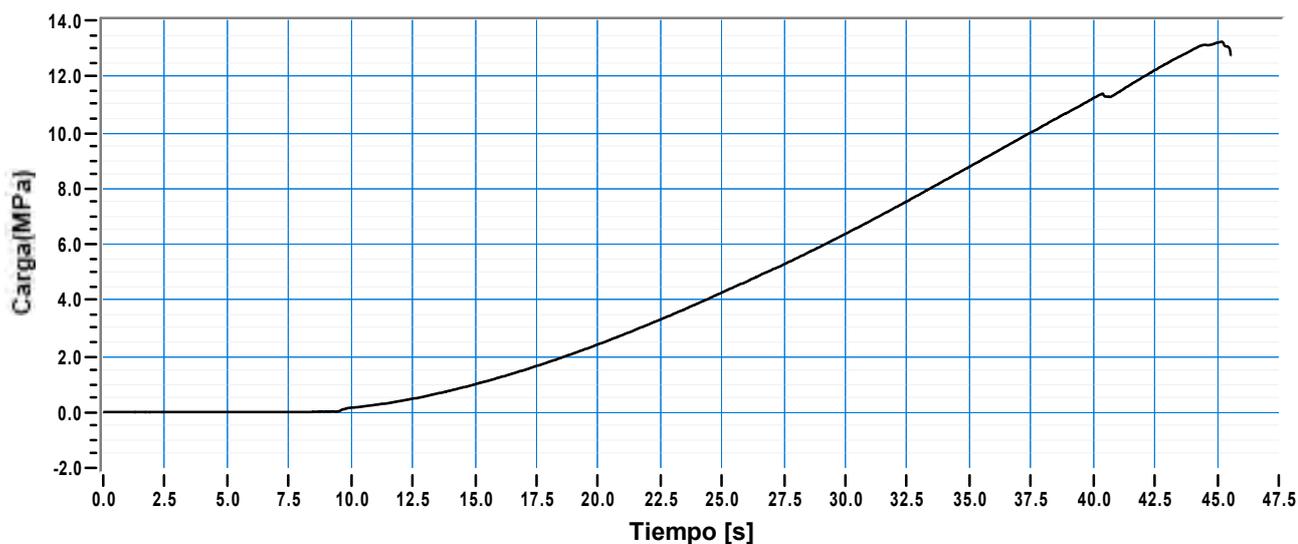
Dimensiones Masa [Kg] : 3.830  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9824.1 Edad [gg] : 181 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 130.00 Fecha ensayo : 29/09/2020  
Fuerza [MPa] : 13.24

Tipo rotura : TYPE 6



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0020 Fecha certificado : 07/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 06/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 06/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-1.0-2

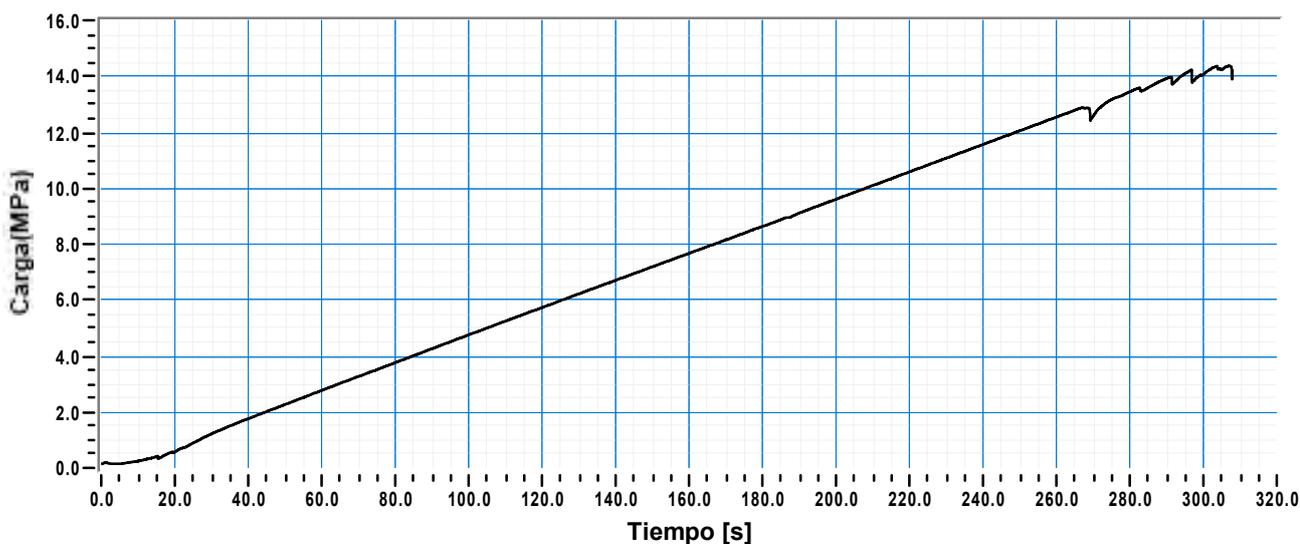
Dimensiones Masa [Kg] : 3.812  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9824.1 Edad [gg] : 244 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 141.29 Fecha ensayo : 07/10/2020  
Fuerza [MPa] : 14.38

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0021 Fecha certificado : 08/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 06/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 06/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-1.0-3

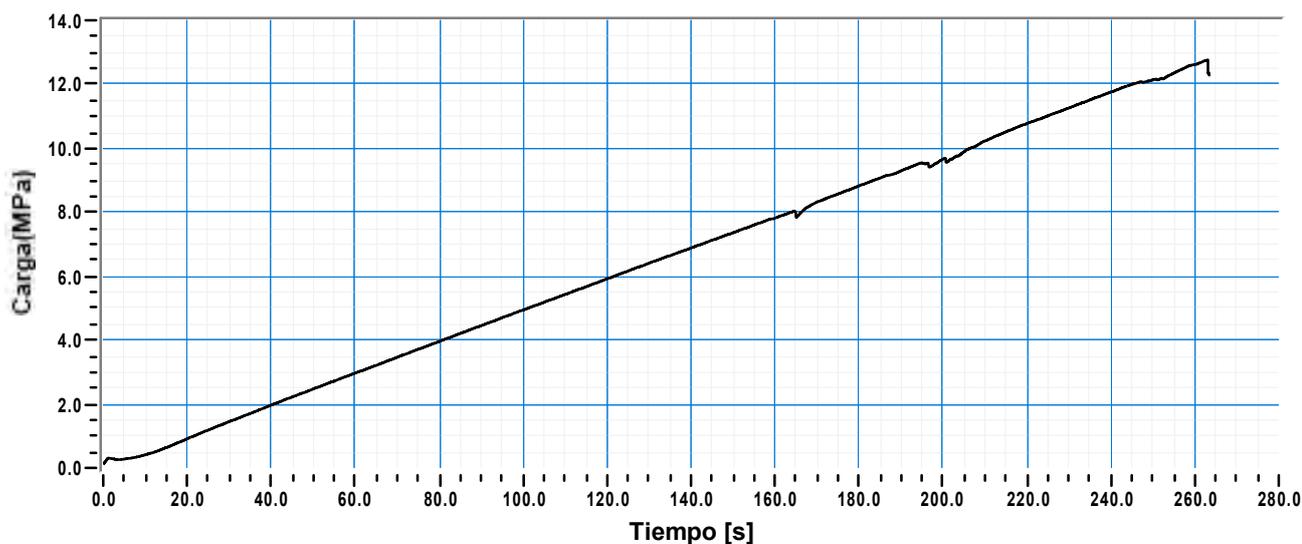
Dimensiones Masa [Kg] : 3.762  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9773.6 Edad [gg] : 245 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 125.00 Fecha ensayo : 08/10/2020  
Fuerza [MPa] : 12.77

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0023 Fecha certificado : 08/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 17/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 17/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-1.5-1

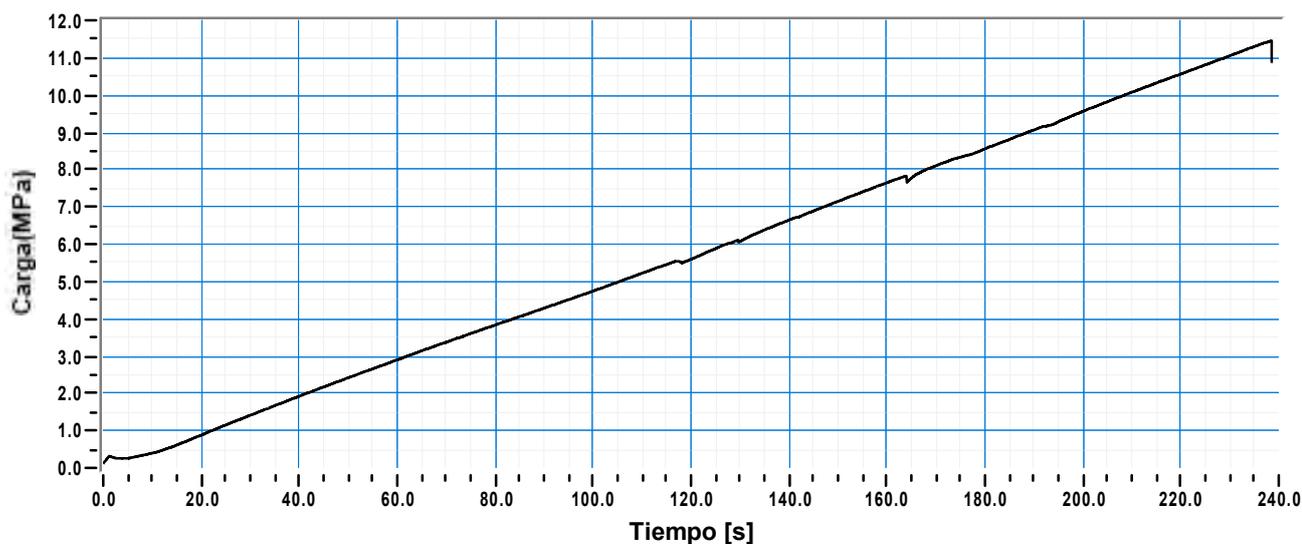
Dimensiones Masa [Kg] : 3.844  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9710.3 Edad [gg] : 234 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 111.00 Fecha ensayo : 08/10/2020  
Fuerza [MPa] : 11.46

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0022 Fecha certificado : 08/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 17/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 17/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-1.5-2

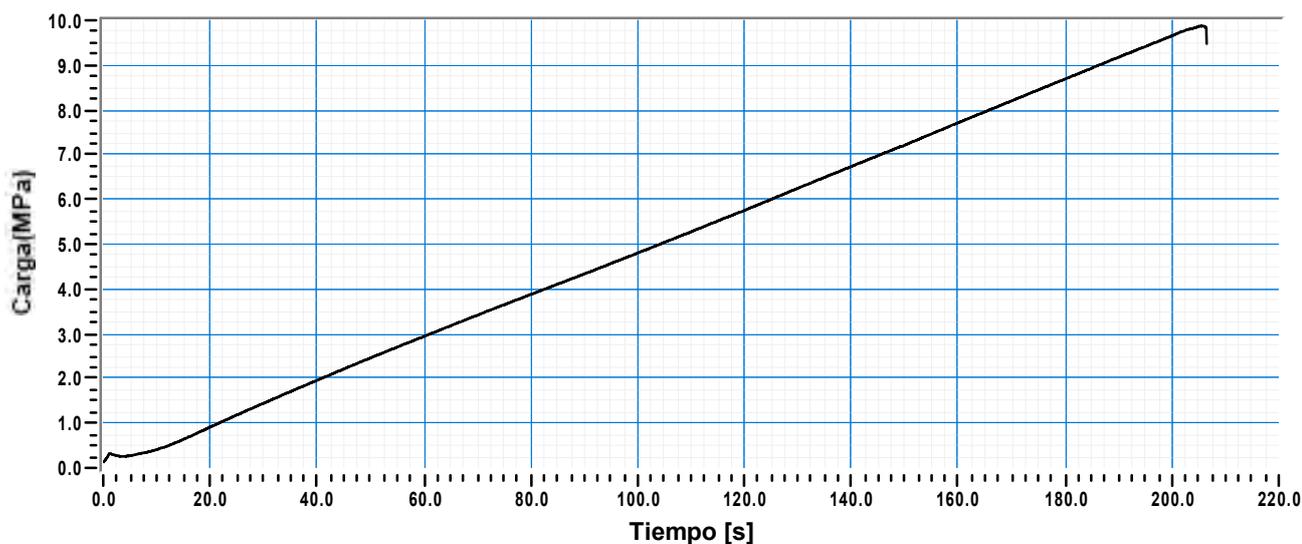
Dimensiones Masa [Kg] : 3.826  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9862.0 Edad [gg] : 234 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 97.00 Fecha ensayo : 08/10/2020  
Fuerza [MPa] : 9.87

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0011 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 17/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-1.5-3

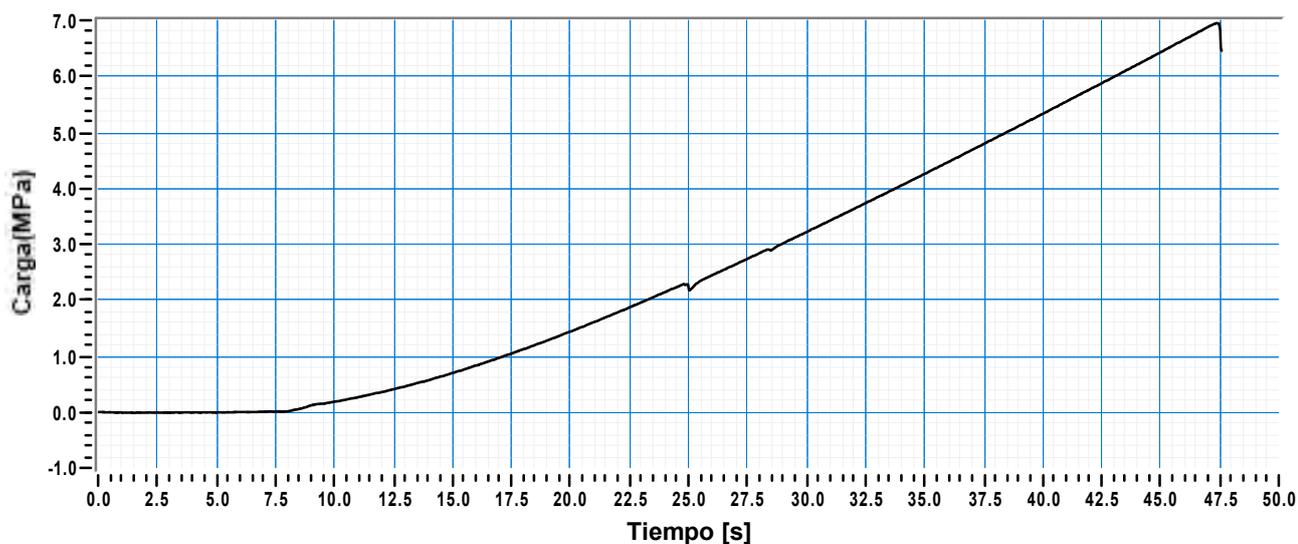
Dimensiones Masa [Kg] : 3.872  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9836.8 Edad [gg] : 225 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 68.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 6.95

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0009 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 21/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-2.0-1

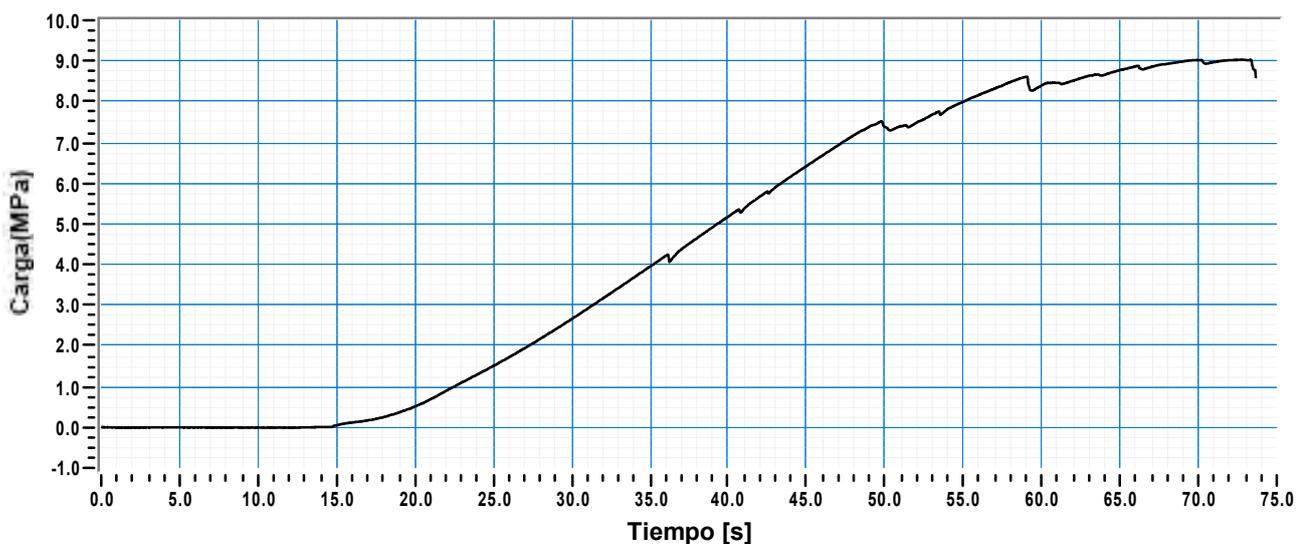
Dimensiones Masa [Kg] : 3.464  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9786.3 Edad [gg] : 221 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 88.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 9.03

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0030 Fecha certificado : 12/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 07/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 07/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-2.0-2

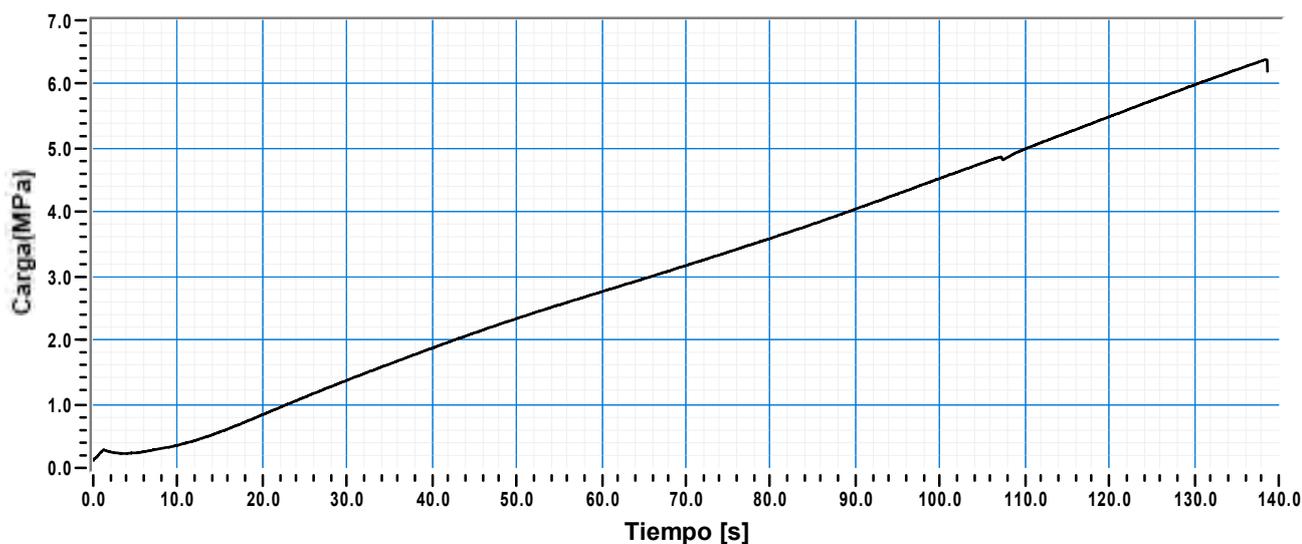
Dimensiones Masa [Kg] : 3.689  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9761.0 Edad [gg] : 248 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 62.00 Fecha ensayo : 12/10/2020  
Fuerza [MPa] : 6.38

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0031 Fecha certificado : 12/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 13/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 13/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-C-2.0-3

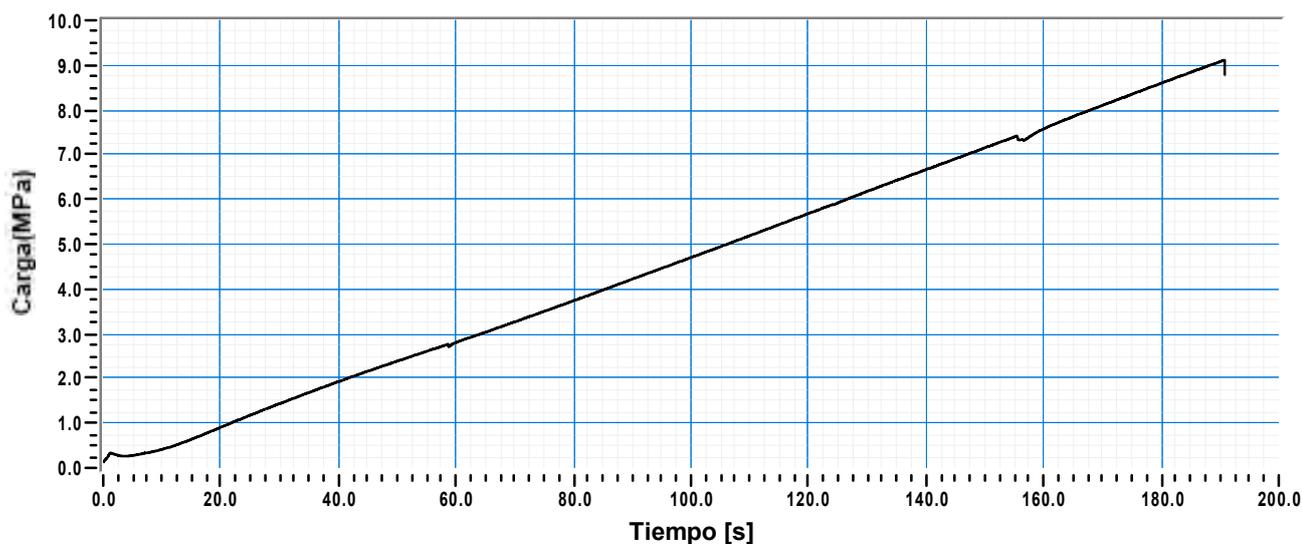
Dimensiones Masa [Kg] : 3.735  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9799.0 Edad [gg] : 242 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 89.29 Fecha ensayo : 12/10/2020  
Fuerza [MPa] : 9.11

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0017 Fecha certificado : 07/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 01/04/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-1.0-1

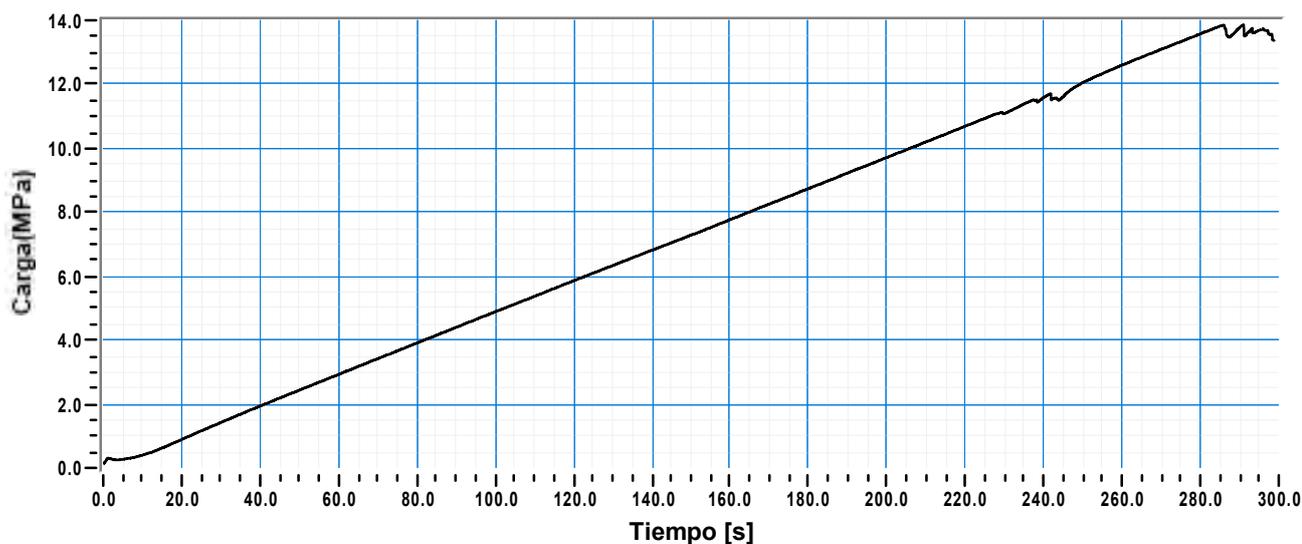
Dimensiones Masa [Kg] : 3.747  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9799.0 Edad [gg] : 189 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 136.00 Fecha ensayo : 07/10/2020  
Fuerza [MPa] : 13.87

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0012 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 28/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-1.0-2

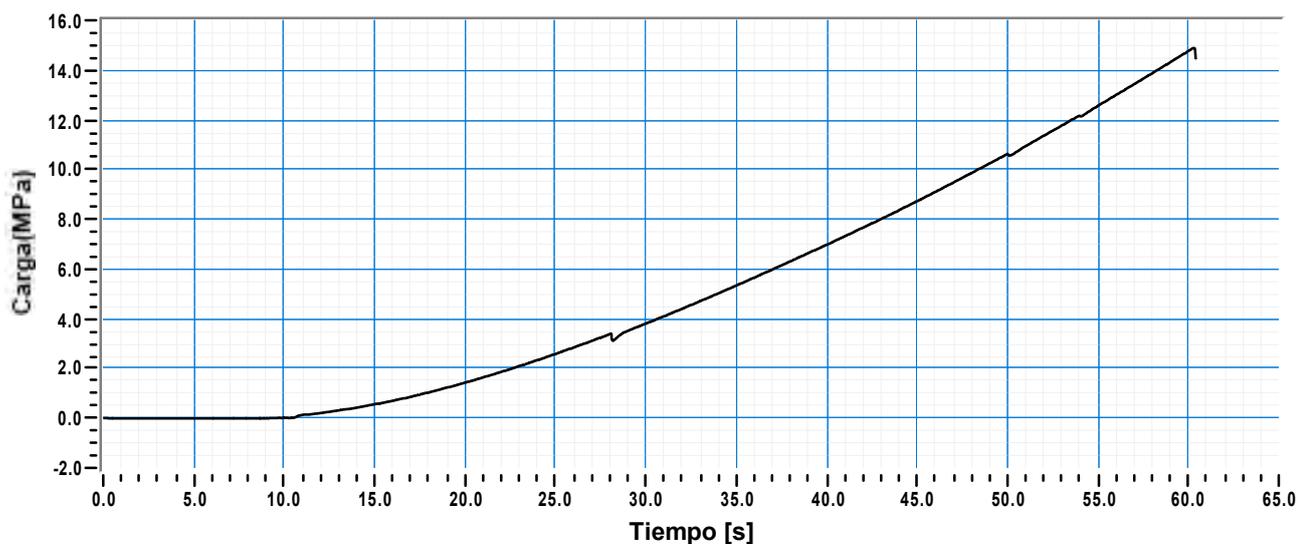
Dimensiones Masa [Kg] : 3.853  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9874.5 Edad [gg] : 245 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 147.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 14.89

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0016 Fecha certificado : 07/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 28/01/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 28/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-1.0-3

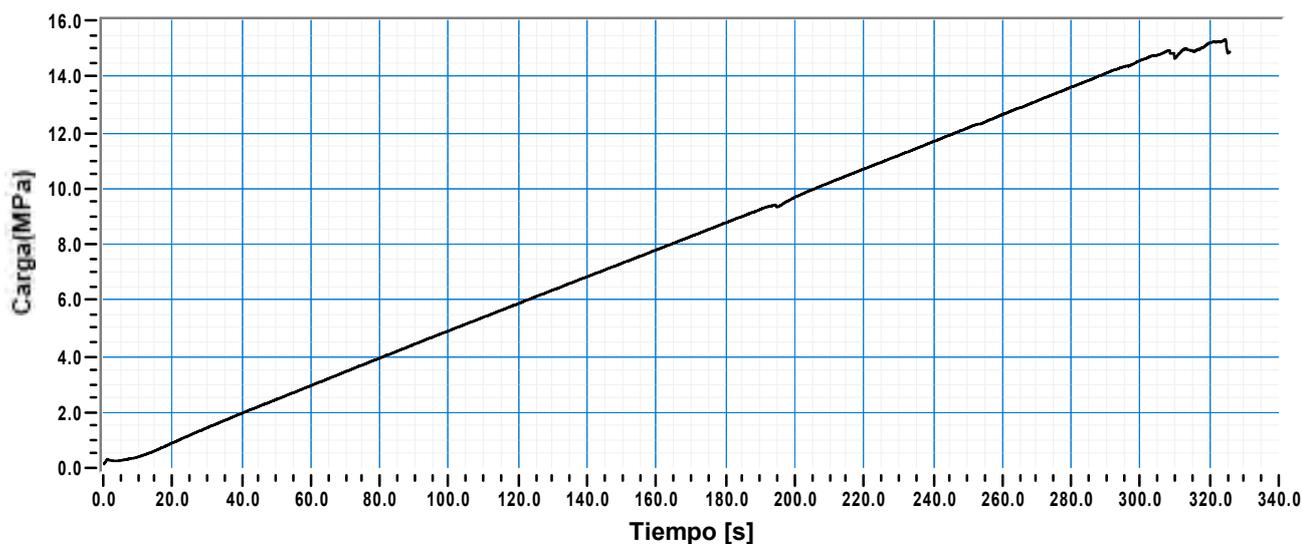
Dimensiones Masa [Kg] : 3.694  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9798.9 Edad [gg] : 252 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 150.00 Fecha ensayo : 07/10/2020  
Fuerza [MPa] : 15.32

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0004 Fecha certificado : 29/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 29/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 01/04/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-1.5-1

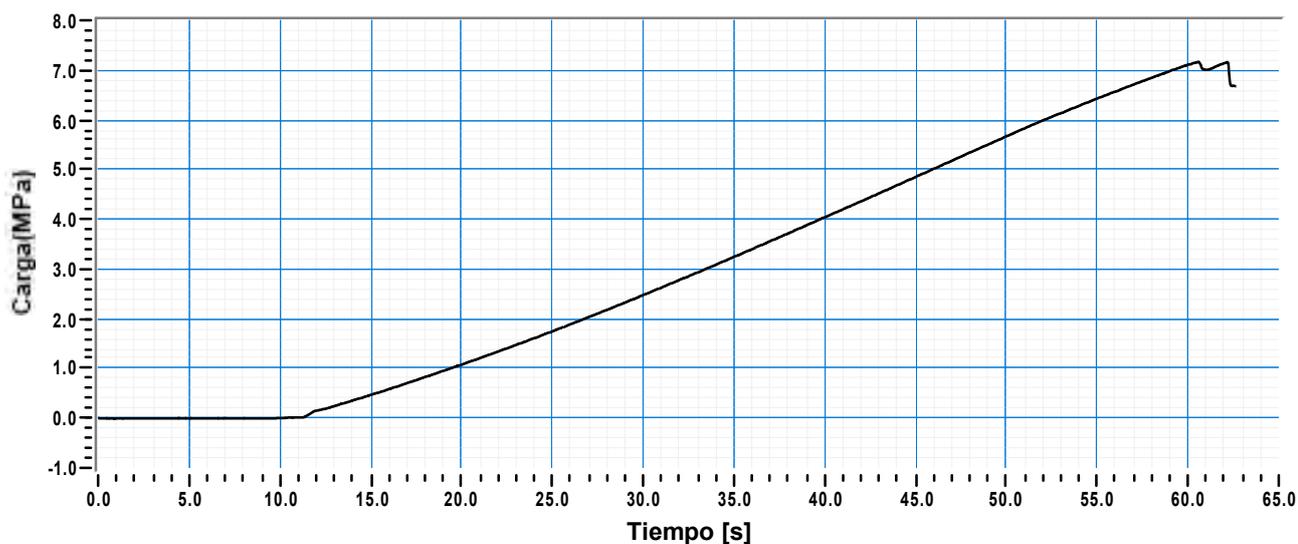
Dimensiones Masa [Kg] : 3.872  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9798.4 Edad [gg] : 181 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 70.00 Fecha ensayo : 29/09/2020  
Fuerza [MPa] : 7.17

Tipo rotura : TYPE 6



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0029 Fecha certificado : 12/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/01/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 30/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-1.5-2

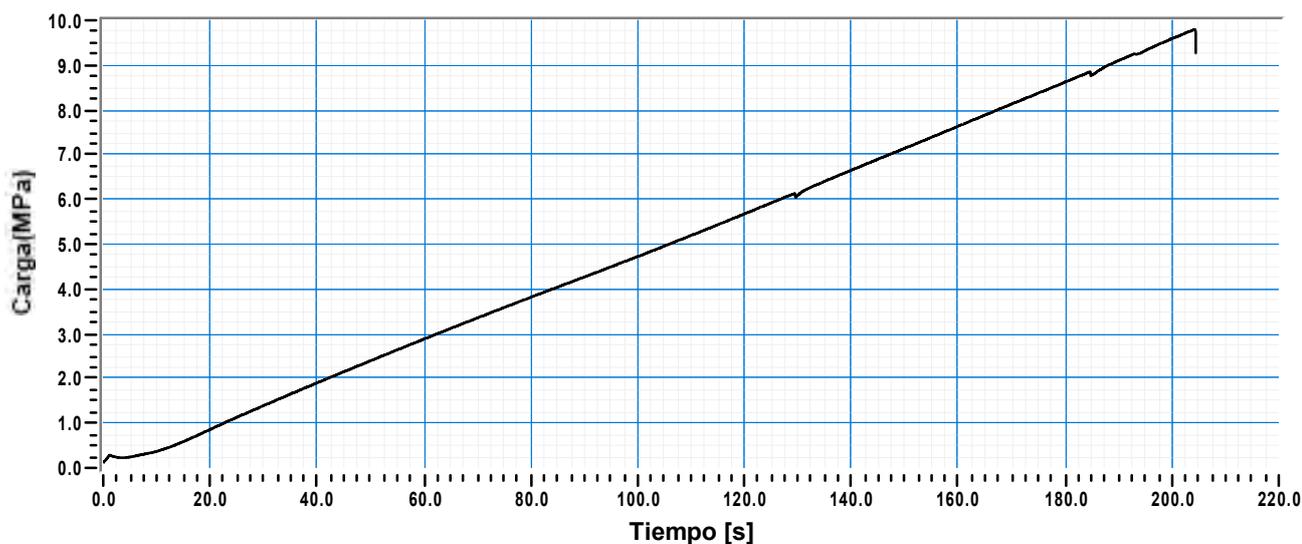
Dimensiones Masa [Kg] : 3.712  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9798.8 Edad [gg] : 256 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 96.00 Fecha ensayo : 12/10/2020  
Fuerza [MPa] : 9.80

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0028 Fecha certificado : 09/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/01/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 30/01/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-1.5-3

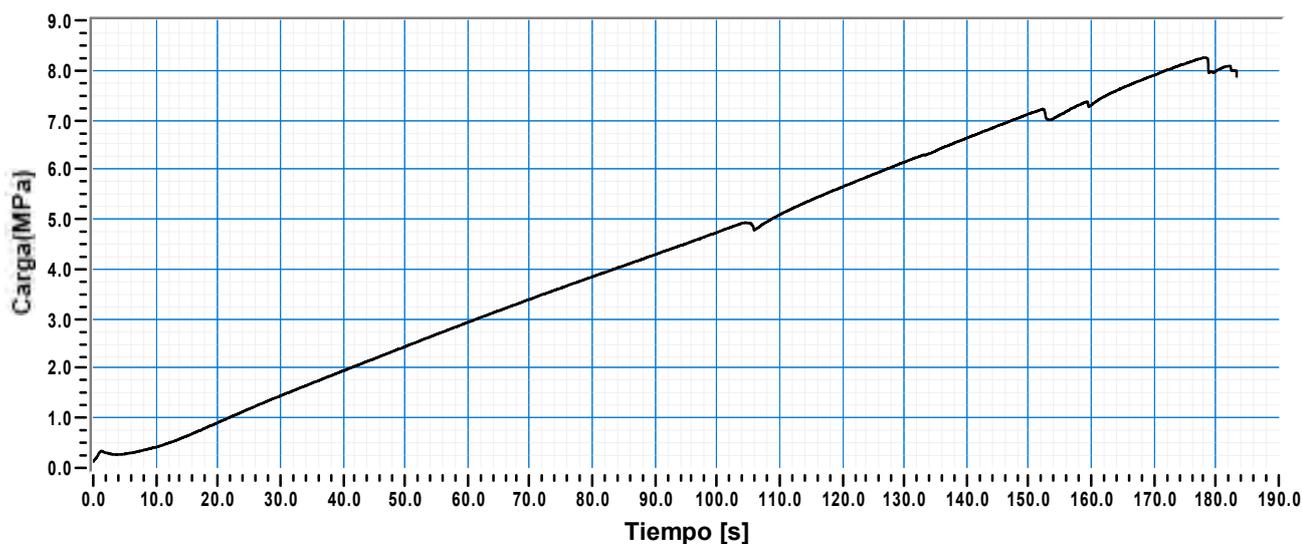
Dimensiones Masa [Kg] : 3.682  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9710.3 Edad [gg] : 253 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 80.17 Fecha ensayo : 09/10/2020  
Fuerza [MPa] : 8.26

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0008 Fecha certificado : 30/09/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 30/09/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 10/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-2.0-1

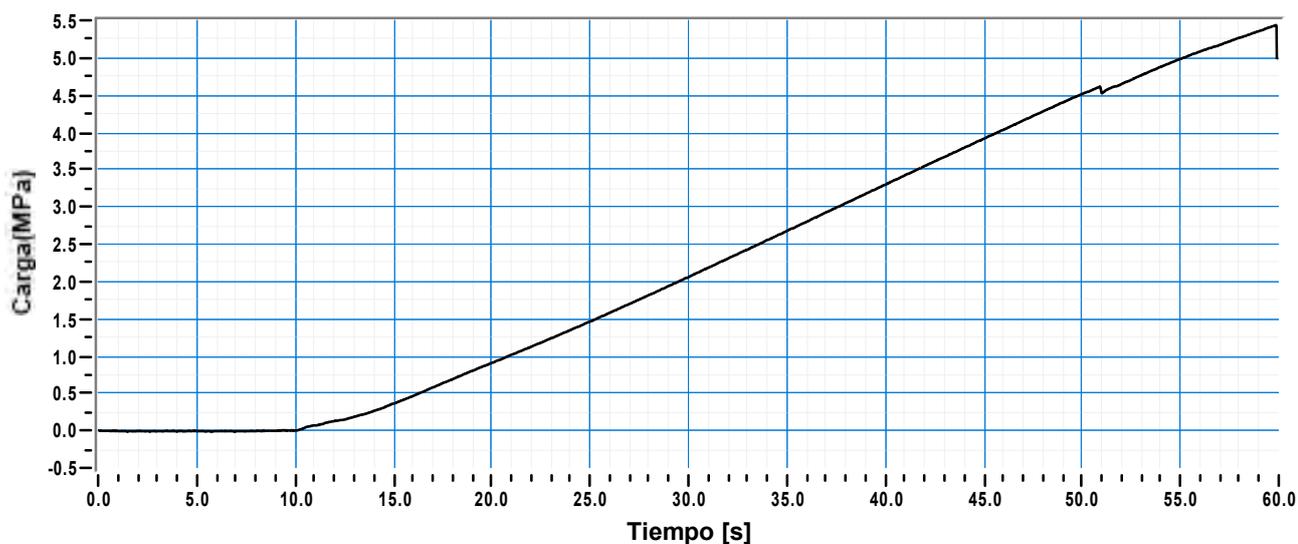
Dimensiones Masa [Kg] : 3.507  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9607.8 Edad [gg] : 232 Velocidad(MPa/s) : 0.001  
Carga de rotura [kN] : 52.00 Fecha ensayo : 30/09/2020  
Fuerza [MPa] : 5.44

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0034 Fecha certificado : 13/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 10/02/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 10/02/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-2.0-2

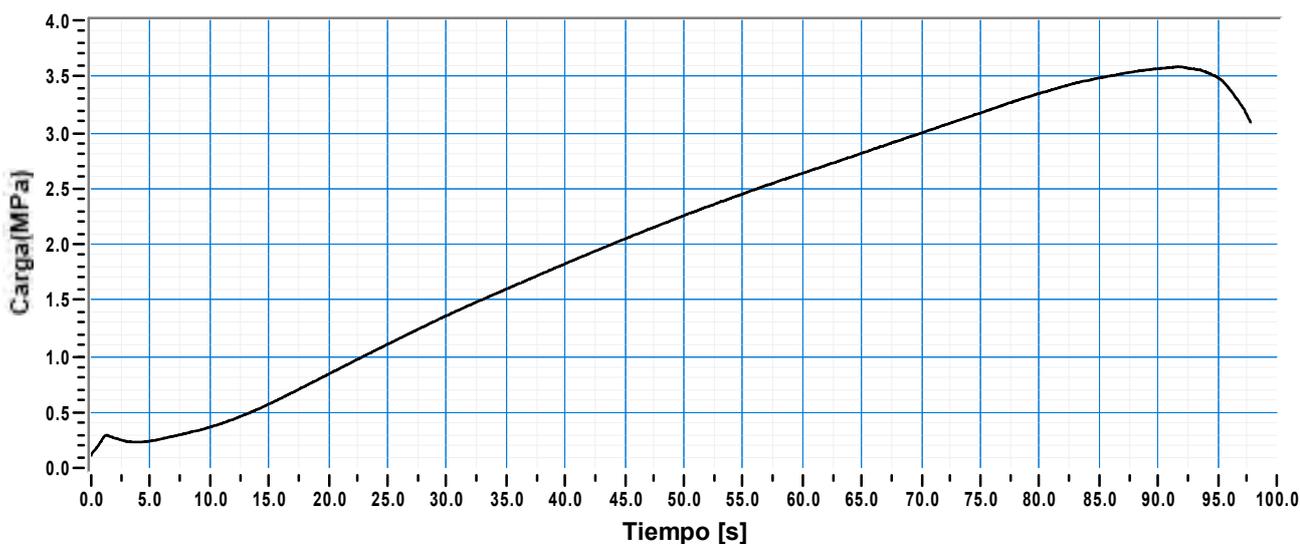
Dimensiones Masa [Kg] : 3.640  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9836.8 Edad [gg] : 246 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 35.28 Fecha ensayo : 13/10/2020  
Fuerza [MPa] : 3.59

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares

UAA

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero : 0035 Fecha certificado : 14/10/2020  
Equipo de ensayo : automax  
Cliente : Miguel Angel Flores Olivares  
Referencia : xxxx  
Tipode ensayo : Prisma Cuadrangular Dosificacion : 1 CAL : 2 ARENA  
Tipo de cemento : CAL Fecha preparacion : 31/03/2020

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion : x Condiciones de : xxx  
Lugar muestreo : UAA Fecha muestreo : 31/03/2020  
Metodo de preparacion :  
ID Muestra : R-S-2.0-3

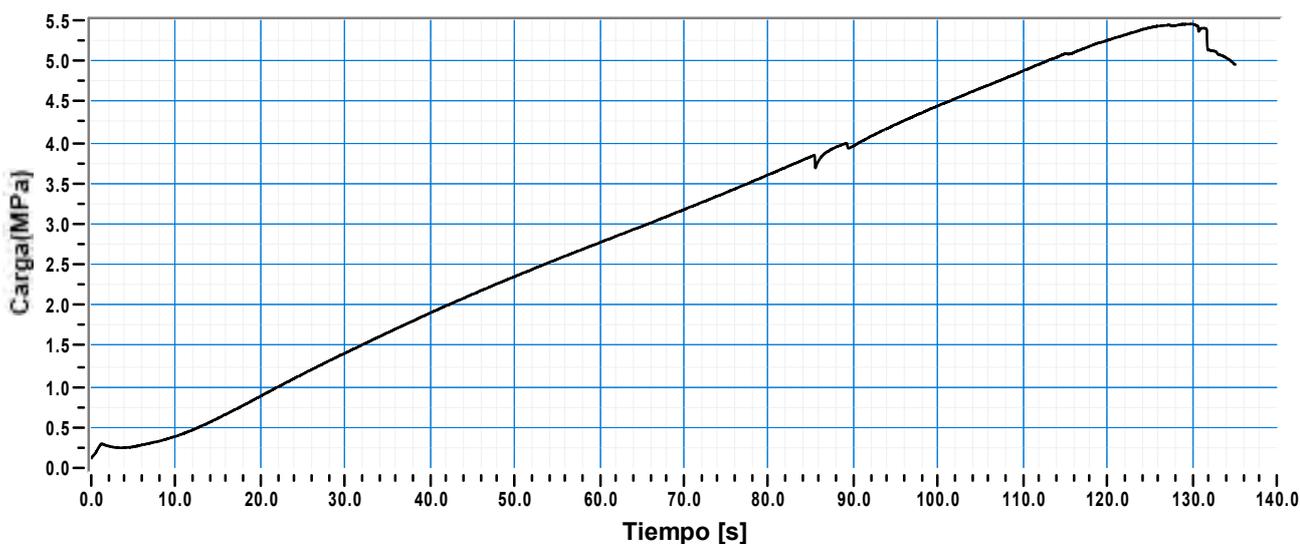
Dimensiones Masa [Kg] : 3.622  
Densidad [Kg/m3] : Inf

Area [mm2] : 9786.2 Edad [gg] : 197 Velocidad(MPa/s) : 0.049  
Carga de rotura [kN] : 53.42 Fecha ensayo : 14/10/2020  
Fuerza [MPa] : 5.46

Tipo rotura : TYPE 1



Notas :



Operador

Miguel Angel Flores Olivares