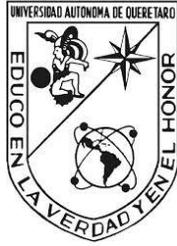


**“RESISTENCIA A CORTANTE DE MURETES DE BLOQUES DE CONCRETO LIGERO DE LA CIUDAD DE QUERETARO PEGADOS
CON DIFERENTES TIPOS DE MORTERO”**



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de ingeniería

**“RESISTENCIA A CORTANTE DE MURETES DE BLOQUES DE
CONCRETO LIGERO DE LA CIUDAD DE QUERETARO PEGADOS CON
DIFERENTES TIPOS DE MORTERO”**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Ingeniero Civil.

Presentan:

José Luis Martínez Bustamante

Mario Yáñez Mejía

Dirigidos por:

M.C. José Carlos Sotero Mendoza Pérez

Centro Universitario Querétaro, Qro. 2015

RESUMEN.

Las normas más utilizadas para la construcción de elementos de mampostería son las **“Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería” (Norma Mexicana NMX-C-404)**, del Reglamento de Construcción del Distrito Federal. **El objetivo** del presente trabajo es determinar la influencia del mortero de pega en la resistencia a esfuerzo cortante de muretes de mampostería elaborados con bloques de concreto ligero de tres fabricantes en la ciudad de Querétaro, así como cuantificar la relación entre la resistencia individual de las piezas de mampostería y la resistencia en conjunto de los muretes; **la hipótesis** planteada es que la resistencia a cortante de la mampostería de bloques de concreto ligero aumenta conforme se incrementa la resistencia del mortero de pega utilizado. **La parte experimental** consta de tres lotes de diferentes proveedores utilizando seis diferentes mezclas de mortero. Las piezas a estudio han sido el BLOQUE, fabricado por moldeo del concreto, sus dimensiones se basan en módulos de 10 centímetros y múltiplos, estando incluida la junta de albañilería de 1 cm de espesor, sus dimensiones mínimas fueron de 10 cm de alto, 10 cm de ancho y 30 cm de largo y MORTEROS, definidos como mezclas plásticas aglomerantes, resultado de combinar arena con agua y con un material cementante (cemento o cal, o una mezcla de ambos). Las dimensiones, requisitos y propiedades de las piezas (bloques de concreto), se obtuvieron experimentalmente conforme a los lineamientos establecidos por las normas mexicanas correspondientes (NMX-C-404-ONNCCE-2005, NMX-C-036-ONNCCE-2004 y NTCM-2004). Para el coeficiente de saturación y el módulo de ruptura, se ha tomado como referencia la norma internacional ASTM C67-91. Absorción de agua (NMX-C-404-ONCCE-2005 y NMX-C-037-ONNCCE-2005) (método de prueba). La resistencia a la compresión se obtuvo de acuerdo a la NMX-C-036 vigente. Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ingeniería de la U.A.Q., con la máquina FORNEY TESTING MACHINE, modelo LT-1150, con capacidad de 150 toneladas. En conjunto, las piezas y el mortero de pega, tuvieron un comportamiento superior al estipulado por la norma reglamentaria. La norma establece que un mortero “tipo I” debe soportar mínimo 3.5Kg/cm² y en un mortero “tipo II y III”, debe obtener un valor mínimo de 2.5Kg/cm², se observa en la gráfica 1.14 de esfuerzo Máximo, que todos los especímenes cumplen los valores mínimos, se obtuvieron valores entre 3.68 Kg/cm², hasta 11.76Kg/cm² en mortero “tipo I” y valores 3.38Kg/cm² y 11.79kg/cm² para morteros “tipo II y III.” El módulo de cortante obtenido en los ensayos en su mayoría fue superior al teórico marcado por las “NTCM-RCDF-2004”, 6400kg/cm² para morteros “tipo I”, y de 4800kg/cm² para morteros “tipo II” y “tipo III. En virtud de que no existen en Querétaro Normas Técnicas Complementarias “NTC”, al igual que en muchos de los estados de la república, se utilizan de referencia las “NTCM-RCDF-2004”. Es aceptable utilizar los valores considerados en estas normas para los bloques de concreto ligero en la ciudad de Querétaro.

Palabras clave: muretes, bloque, concreto ligero, resistencia a cortante, compresión, tensión, coeficiente de saturación.

SUMMARY

The most followed norms to build masonry work are the “**Complementary Technical Norms for the Design and Construction of Masonry Structures**” (**Mexican Norm NMX-C-404**) of the Distrito Federal Regulation of Construction. **The objective** of this research is to determine the influence of the mortar in the shear stress resistance of small masonry walls built with light concrete blocks from three different manufacturers from Querétaro City, the objective was also to quantify the relationship between the individual resistance of the masonry pieces and the resistance of the small walls altogether; the hypothesis is that the shear resistance of the masonry of the light concrete blocks increases according to the augmentation of the resistance of the mortar used. **The experimental part** consists of three lots from three different suppliers using six different mortar blends. The pieces under study have been the BLOCK manufactured by concrete molding; its proportions are based on modules of 10 centimeters and multiples, the masonry joint of 1cm of thickness is included, its minimum proportions were 10 cm high, 10 cm width, and 30 cm long, also the MORTARS defined as plastic binder blends, resulting from mixing sand and water with a cementitious material (cement, lime, or a mixture of both). The proportions, requirements and properties of the pieces (concrete blocks), were obtained experimentally according to the regulations established by the corresponding Mexican norms (NMX-C-404-ONNCCE-2005, NMX-C-036-ONNCCE-2004 and NTCM-2004). For the saturation coefficient and the rupture modulus it was taken as a reference the international regulation ASTM C67-91 Water absorption (NMX-C-404-ONCCE-2005 and NMX-C-037-ONNCCE-2005) (test method). The resistance to the compression was obtained according to the NMX-C-036 in force. The assays were made in the Physicochemical Laboratory of the Engineering Faculty at la U.A.Q., with the FORNEY TESTING MACHINE, model LT-1150, with a capacity of 150 tons. Altogether, the pieces and the mortar, had a superior behavior than the one stipulated by the regulations. The norms establish that a “type I” mortar has to bear a minimum of 3.5Kg/cm² and a “type II and III” mortar, has to obtain a minimum value of 2.5Kg/cm², it is observed in the graphic 1.14 of maximum effort that all of the specimens meet the minimum values, The values obtained in this research were between 3.68 Kg/cm², and 11.76Kg/cm² in “type I” mortars and values from 3.38Kg/cm² to 11.79kg/cm² for “types II and III.” The shear module obtained in the assays was mostly superior to the one theoretically marked by the “NTCM-RCDF-2004”, 6400kg/cm² for “type I” mortars, and 4800kg/cm² for “type II” and “type III” mortars. Under the fact that there are not Complementary Technical Norms in Querétaro, like in many other states in Mexico, the “NTCM-RCDF-2004” is being used as a reference. It is acceptable to use the values considered in this regulation for the light concrete blocks in the city of Querétaro.

(Key words: small walls, block, light concrete, shear resistance, compression, tension, saturation coefficient).

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios quien inspiro mi espíritu para la conclusión de esta tesis. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

Este trabajo se lo dedico a Dios por haberme dado una segunda oportunidad, a mis padres por todo lo que me han dado y por su gran apoyo, a mi hermano por siempre estar motivándome a seguir adelante, mi novia por siempre haberme apoyado en los momentos más difíciles. A mis amigos por bríndame su amistad y apoyo. A todos ellos por siempre apoyarme, ayudarme e inspirarme a conseguir este gran logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por permitirme la realización de este trabajo. Agradezco a mis padres por todo el apoyo y sacrificio, a mis profesores por ser mis guías y a mis compañeros y hermanos de la facultad que sin su apoyo nada de esto sería realidad.

Le agradezco a Dios y a mis padres, mi hermano, mi novia, mi maestro Jose Carlos Sotero Mendoza Perez que me tuvo una gran paciencia y su gran apoyo, al Dr. Gilberto Herrera Ruiz por su apoyo, a mis profesores por enseñarme tanto sobre la ingeniería y a la Universidad Autónoma de Querétaro por poder ser parte de esta gran institución.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE.....	v
6.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62.....
1.- INTRODUCCION	2
1.1 ASPECTOS GENERALES.....	3
1.1.1 MATERIALES.....	4
1.1.2 TIPOS DE MUROS.	10
2. ANTECEDENTES.....	15
2.1 TRABAJOS PREVIOS	15
2.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	26
2.3 OBJETIVOS.....	26
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
2.3.2 OBJETIVOS PARTICULARES	26
2.4 HIPOTESIS.....	26
3. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 PROPIEDADES DE LAS PIEZAS.....	27
3.2 PROPIEDADES DEL MORTERO	30
3.3 PROPORCIONES EN VOLUMEN PARA MORTEROS.	30
3.4 PROPIEDADES DEL ENSAYE DE MURETES	31
3.4.1 FUNDAMENTOS DE LA PRUEBA A COMPRESION DIAGONAL.....	31
3.3.2 MAQUINA DE PRUEBA.....	33
3.3.3 DISPOSITIVOS DE MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS EN LAS DIAGONALES	34
3.3.4 RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL.....	34
3.3.5 MODULO DE RIGIDEZ A CORTANTE.....	36
3.3.6 MODOS DE FALLA.	37
4.-RESULTADOS.....	38
4.1 Propiedades de las piezas.....	38
4.2 Propiedades del mortero	42

De las pruebas a compresión de las muestras de mortero se obtuvieron los siguientes valores de diseño, siguiendo lo especificado en las NTCM-RCDF-2004. 42

3.4 Propiedades de muretes 43

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de los muretes de prueba, como es el esfuerzo máximo a compresión diagonal, modulo de cortante, modulo de elasticidad y las graficas de esfuerzo-deformación angular comparativas entre los tres proveedores. 43

- Resistencia a compresión entre mezclas. 54

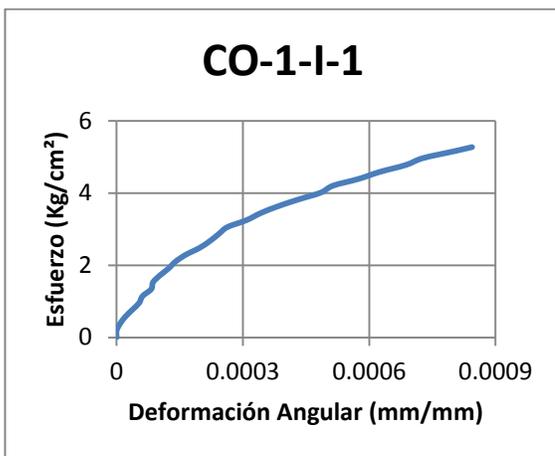
CALCULO DE LAS PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERIA..... 67

APENDICE B..... 70

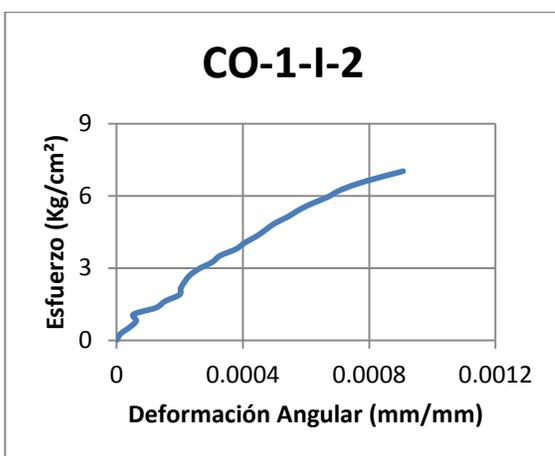
GRAFICAS DE ESFUERZO DEFORMACION DE MURETES 70

 Proveedor: Bloquera Queretana 70

Proveedor: Córdor..... 83



..... 83



..... 83

Proveedor: Avarsa 95

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE DIFERENTES PIEDRAS NATURALES.	5
TABLA 2 NORMAS MEXICANAS PARA DIFERENTES TIPOS DE PIEZAS.	6
TABLA 3 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE ALGUNAS PIEDRAS ARTIFICIALES (ROBLES Y OTROS, 1984).....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 4 PROPORCIONAMIENTOS RECOMENDADOS PARA MORTERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES (GDF, 2002).....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 5 PROPORCIONES EN VOLUMEN PARA MORTEROS.	30

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA NATURAL.....	5
FIGURA 2 PROCEDIMIENTOS ARTESANALES PARA PRODUCCIÓN DE TABIQUES DE BARRO RECOCIDO.....	6
FIGURA 3 INTERACCION MARCO-MURO DIAFRAGMA (NTCM-RCDF-2004)..	10
FIGURA 4 REQUISITOS PARA MUROS CONFINADOS (NTCM-RCDF).	11
FIGURA 5 REQUISITOS PARA CASTILLOS Y DALAS (NTCM-RCDF-2004).	12
FIGURA 6 REQUISITOS DE MAMPOSTERÍAS CON REFUERZO INTERIOR (NTCM-RCDF-2004).....	13
FIGURA 7 REFUERZO EN ABERTURAS Y PRETILES (NTCM-RCDF-2004)-....	14
FIGURA 8 DIMENSIONES NOMINALES (M), FORMA Y CANTIDAD DE MUROS, MURETES Y PILAS.....	16
FIGURA 9 REFUERZO EN LOS 5 MUROS DE TAMAÑO REAL.	17
FIGURA 10 ENVOLVENTE DE ESFUERZO-DEFORMACION.	18
FIGURA 11 MEDIDAS DE LOS ESPECÍMENES.....	19
FIGURA 12 REFUERZO EN LOS MUROS DE TAMAÑO REAL.	20
FIGURA 13 CORRELACION MURO-PILA O MURO-MURETE.....	21
FIGURA 14 MURETES ENSAYADOS A COMPRESIÓN DIAGONAL.....	22
FIGURA 15 ENSAYE A COMPRESIÓN DIAGONAL (ONNCCE,2002B).....	32
FIGURA 16 DISPOSITIVOS PARA MEDICIÓN DE DESPLAZAMIENTOS.....	34
FIGURA 17 MURETES PARA PRUEBA A COMPRESIÓN DIAGONAL (NTCM-RCDF-2004).	34
FIGURA 18 MURETE PREPARADO PARA PRUEBA DE COMPRESIÓN DIAGONAL.	35
FIGURA 19 MEDIDAS NOMINALES DE LOS MURETES.....	35
FIGURA 20 FALLA POR ADHERENCIA.....	37
FIGURA 21 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-I-1	70
FIGURA 22 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-I-2	70

FIGURA 23 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-I-3.....	70
FIGURA 24 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-I-4.....	70
FIGURA 25 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-II-1.....	71
FIGURA 26 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-II-2.....	71
FIGURA 27 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-II-3.....	71
FIGURA 28 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-II-4.....	71
FIGURA 29 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-III-1.....	71
FIGURA 30 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-III-2.....	71
FIGURA 31 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-III-3.....	72
FIGURA 32 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-III-4.....	72
FIGURA 33 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-IV-1.....	72
FIGURA 34 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-IV-2.....	72
FIGURA 35 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-IV-3.....	72
FIGURA 36 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-IV-4.....	72
FIGURA 37 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-V-1.....	73
FIGURA 38 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-V-2.....	73
FIGURA 39 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-V-3.....	73
FIGURA 40 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-V-4.....	73
FIGURA 41 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-VI-1.....	73
FIGURA 42 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-VI-2.....	73
FIGURA 43 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-VI-3.....	74
FIGURA 44 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ1-VI-4.....	74
FIGURA 45 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-I-1.....	74
FIGURA 46 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-I-2.....	74
FIGURA 47 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-I-3.....	74
FIGURA 48 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-I-4.....	74
FIGURA 49 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-II-1.....	75
FIGURA 50 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-II-2.....	75
FIGURA 51 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-II-3.....	75
FIGURA 52 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-II-4.....	75
FIGURA 53 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-III-1.....	75
FIGURA 54 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-III-2.....	75
FIGURA 55 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-III-3.....	76
FIGURA 56 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-III-4.....	76
FIGURA 57 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-IV-1.....	76
FIGURA 58 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-IV-2.....	76
FIGURA 59 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-IV-3.....	76
FIGURA 60 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-IV-4.....	76
FIGURA 61 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-V-1.....	77
FIGURA 62 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-V-2.....	77
FIGURA 63 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-V-3.....	77

FIGURA 64 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-V-4.....	77
FIGURA 65 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-VI-1.....	77
FIGURA 66 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-VI-2.....	77
FIGURA 67 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-VI-3.....	78
FIGURA 68 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 2-VI-4.....	78
FIGURA 69 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-I-1.....	78
FIGURA 70 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-I-2.....	78
FIGURA 71 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-I-3.....	78
FIGURA 72 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-I-4.....	78
FIGURA 73 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-II-1.....	79
FIGURA 74 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-II-2.....	79
FIGURA 75 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-II-3.....	79
FIGURA 76 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-II-4.....	79
FIGURA 77 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-III-1.....	79
FIGURA 78 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-III-2.....	79
FIGURA 79 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-III-3.....	80
FIGURA 80 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-III-4.....	80
FIGURA 81 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-IV-1.....	80
FIGURA 82 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-IV-2.....	80
FIGURA 83 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-IV-3.....	80
FIGURA 84 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-IV-4.....	80
FIGURA 85 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-V-1.....	81
FIGURA 86 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-V-2.....	81
FIGURA 87 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-V-3.....	81
FIGURA 88 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-V-4.....	81
FIGURA 89 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-VI-1.....	81
FIGURA 90 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-VI-2.....	81
FIGURA 91 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-VI-3.....	82
FIGURA 92 GRÁFICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN M BQ 3-VI-4.....	82
6.-REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62

1.- INTRODUCCION

En la actualidad los elementos de mamposterías son extremadamente utilizados en la edificación de vivienda, muchas de las veces usados con una mayor frecuencia que materiales como el concreto o el acero. Siendo, de esta manera, necesarias normas y reglamentos para controlar y optimizar el uso de estos materiales y generar construcciones que sean útiles y seguras. El problema que se genera en este punto es que no siempre se tiene un control en la fabricación de las piezas o los materiales con los que se fabrican, no cuentan con las mismas propiedades en lugares diferentes de la república mexicana, siendo así necesarios estudios para determinar las propiedades mecánicas dependiendo el lugar y los métodos de fabricación de las piezas. Las normas más utilizadas para la construcción de elementos de mampostería son la **“Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería”** del Reglamento de Construcción del Distrito Federal, quedando estas NORMAS muchas veces sin poder ser aplicadas a elementos de mampostería que no se construyen en el Distrito Federal, debido a que los materiales de fabricación de las piezas no son los mismos y no cuentan con propiedades mecánicas idénticas o similares a los materiales utilizados en el D.F.; además que los procesos de fabricación de las piezas en la mayoría de los casos no son industrializados y no cuentan con un control de calidad que permita tener piezas con características muy similares. Por eso, es necesario generar un estudio por zonas dependiendo los materiales y los procesos de fabricación que se utilicen en cada una de las regiones. Otro punto de suma importancia en el comportamiento de las estructuras de mampostería es el tipo de mortero de pega utilizado. La dosificación del mortero influye de una manera importante en la resistencia de los elementos de mampostería, llegando al punto de ser parte primordial en la estabilidad de las estructuras y la seguridad estructural. En el presente trabajo se estudiara la relación entre las piezas de tres diferentes distribuidores, cada uno con tres lotes diferentes y utilizando 6 diferentes mezclas de mortero. De esta forma tendremos cuatro muretes con cada mezcla de mortero de cada lote de cada proveedor;

4 x 6 x 3 x 3 = 216
E M L B U E
s e o l n x
p z t o i p
e c e q d e
c l s u a r
i a e d i
m s r e m
e a s e n
n s n t
e t a l e
s s

Figura 1 Número de muretes que se estudiaron.

Se estudió la resistencia a cortante de muretes construidos con bloques de concreto ligero fabricados con materiales de la ciudad de Querétaro pegados con diferentes tipos de mortero, obteniendo datos para estimar la deformación sufrida en los elementos así como su capacidad de resistir el esfuerzo cortante dependiendo el proveedor y el tipo de mortero de pega utilizado.

1.1 ASPECTOS GENERALES

Cabe la posibilidad que las mamposterías hayan sido utilizadas por primera vez por los hombres primitivos, hace unos 15000 años, cuando tuvieron la necesidad de encontrar un refugio para protegerse de las inclemencias de la naturaleza. Probablemente decidieron apilar rocas unas sobre otras, generando así la primera estructura de mamposterías de la historia de la humanidad. Tal vez por la nula técnica o conocimiento sobre el tema, el proceso tuvo que repetirse una infinidad de veces, hasta llegar al punto de la utilización del primer mortero de pega, que seguramente habría sido a base de barro que les permitiría mantener las piezas unidas por un mayor tiempo, así como una construcción mucho más fácil y la creación de estructuras mucho más altas.

Existen ruinas de poblados prehistóricos que fueron construidos con piedras naturales asentados con un tipo de mortero a base de barro desde las islas irlandesas hasta Anatolia. Ese mismo sistema constructivo fue empleado unos 10000 años después por los pobladores incas en Ollantaylombo, cerca de Cusco, donde quedan los vestigios de muros de piedra junteados con barro.

Lo más probable es que las piezas para mampostería empezaran a ser fabricadas por el hombre cuando este no tenía la posibilidad de encontrar piedra natural en el lugar donde residía.

Hay pruebas de piezas fabricadas en lo que fue la antigua ciudad de Jericó en el Medio Oriente, es una especie de pan fabricada a mano y secada al sol, de unos 15 kg.

En México existen vestigios de ciudades construidas a base de mamposterías en la cultura mesoamericana, culturas como la Olmeca con centros ceremoniales como San Lorenzo, Tres Zapotes o La Venta. Así como ciudades de otras culturas como Teotihuacán, Mitla Tajín y Palenque.

Las necesidades de construcción han llevado al desarrollo de nuevas tecnologías en la fabricación de piezas para elementos de mampostería, se han aplicado nuevos materiales y piezas de diversos tamaños y formas. De estas piezas poco a poco se empiezan a conocer sus propiedades mecánicas, mientras que en la antigüedad, incluso los materiales que se utilizaban eran conocidos totalmente.

1.1.1 MATERIALES

Las propiedades mecánicas de la mampostería son muy variables si las comparamos con otros materiales utilizados en la construcción, como lo son el concreto reforzado y el acero estructural, esto debido a la variación de las propiedades de los materiales con los que se fabrican las piezas así como al poco control y variedad de procedimientos con los que se fabrican las unidades. Debido a estos puntos el comportamiento estructural de la mampostería ha sido objeto de diferentes estudios experimentales y analíticos, que resultaron en la elaboración de normas para el control de calidad de los elementos, así como para el diseño y construcción.

1.1.1.1 Unidades o piezas

Para la construcción de mamposterías el componente básico se denomina unidad o pieza, que debido a su origen se puede clasificar en natural o artificial. En la república mexicana suelen distinguirse tres tipos de piedra natural dependiendo la forma en que fueron labradas.

- a) Mampostería de primera. La piedra se labra en paralelepípedos de forma regular con la cara expuesta rectangularmente. Se les conoce comúnmente como sillar.
- b) Mampostería de segunda. La piedra se labra en paralelepípedos con formas variables siguiendo la configuración natural de la piedra.
- c) Mampostería de tercera. La piedra se utiliza con la forma irregular con que llega de la cantera, procurando que la cara expuesta sea plana.

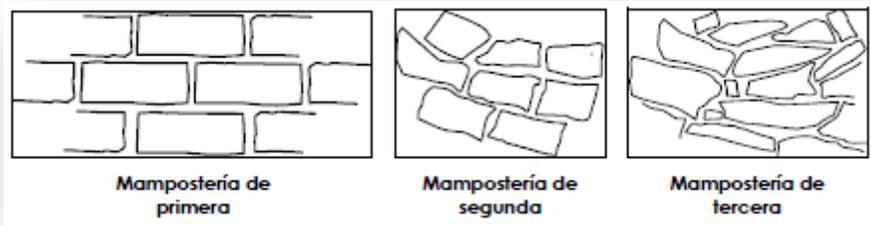


Figura: 2 Tipos de mampostería de piedra natural

Las piedras utilizadas en la construcción tienen propiedades mecánicas muy variables. En la tabla 1 se dan características aproximadas de las piedras más utilizadas.

Existe gran cantidad de piedras artificiales utilizadas en la construcción de mamposterías, estas difieren entre sí desde la materia prima con que son fabricadas, las características geométricas y por los procedimientos de fabricación. Las materias primas más utilizadas son el barro, el concreto con agregados normales o ligeros, y la arena con cal.

Tabla 1.- Propiedades mecánicas de diferentes piedras naturales.

Piedra	Peso volumétrico seco (t/m³)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Resistencia a la tensión en flexión (kg/cm²)	Módulo de elasticidad (kg/cm²)*10³
Areniscas	1.75 – 2.65	150 – 3200	60 - 120	40 – 200
Basaltos	2.30 – 3.00	800 – 5800	200 – 300	100 – 300
Granito natural	2.40 – 3.20	800 – 3000	100 – 200	400 – 500
Mármol	2.40 – 2.85	300 - 3000	35 – 200	900

Los procesos de fabricación son muy variados, y van desde los artesanales como los tabiques comunes cocidos en horno, hasta los industrializados como bloques de concreto vibrocompactados, y la extrusión para bloques huecos de barro.

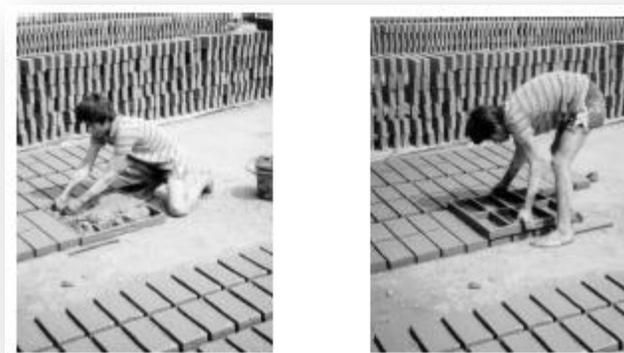


Figura: 3 Procedimientos artesanales para producción de tabiques de barro recocido.

Se recomienda que las piezas utilizadas en la construcción de mamposterías cumplan los requisitos mencionados en las Normas Mexicanas (NMX) publicadas por el Diario Oficial de la Federación.

Tabla 2.- Normas mexicanas para diferentes tipos de piezas.

Norma	Pieza
NMX-C-006	Ladrillos, bloques cerámicos de barro, arcilla o similares
NMX-C-010	Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto
NMX-C-404-ONNCCE	Bloques, tabiques, ladrillos y tabicones para uso estructural

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCM) proporcionan resistencias a compresión (f^*m) y a cortante (V^*m) para las mamposterías construidas con las piezas siguientes:

- a) **Tabique de barro recocido (arcilla artesanal maciza), $f^*p > 60 \text{ kg/cm}^2$**
- b) **Tabique de barro de huecos verticales, $f^*p > 120 \text{ kg/cm}^2$, con relación área neta-bruta no menor de 0.5 (arcilla industrializada hueca)**
- c) **Bloque de concreto tipo pesado $f^*p > 100 \text{ kg/cm}^2$, con peso volumétrico neto, en estado seco, no menor que 2000 kg/cm^3**
- d) **Tabique de concreto (tabicón) $f^*p > 100 \text{ kg/cm}^2$, fabricado con arena sílica y peso volumétrico no menor de 1500 kg/cm^3**
- e) **Piedras naturales (piedra braza, para cimientos de mampostería, muros u otros usos)**

Según la **Norma Mexicana NMX-C-404** y las NTC las piezas se pueden definir como macizas o huecas dependiendo la relación entre su área neta y área total. Las piezas macizas son aquellas cuya área neta sea igual o mayor al 75% de su área total en la sección transversal más desfavorable. La **Norma NMX-C-404** considera piezas huecas a aquellas que posean huecos verticales u horizontales y con área neta no menor al 40% del área bruta, en cambio las NTCM admiten solamente piezas con huecos verticales, ortogonales a la cara de apoyo que se coloca de forma horizontal, y solo acepta como huecas las piezas con no menos del 50% de la relación del área neta a área bruta.

La resistencia de las piedras artificiales se determina por el ensaye de una pieza, la tabla 3 proporciona las características de las piezas más utilizadas.

Según la **NMX-C-404**, las piedras artificiales más utilizadas con fines estructurales se clasifican en tabiques, bloques y tabicones, con las siguientes características:

Tabique: Fabricado de forma prismática con arcillas comprimidas o extruidas, mediante procesos de acción o de otros materiales con procesos diferentes. Las dimensiones nominales mínimas deben de ser 5 cm de alto, 10 cm de ancho y 19 cm de largo sin incluir la junta de albañilería.

Bloque: fabricado por moldeo del concreto y/o otros materiales, puede ser macizo o hueco. Las dimensiones nominales de las piezas deben basarse en el módulo de 10 cm en múltiplos o submúltiplos, estando incluida la junta de albañilería de 1 cm de espesor. Sus dimensiones mínimas deben ser de 10 cm de alto, 10 cm de ancho y 30 cm de largo.

Tabicón: fabricado de concreto u otros materiales. Las dimensiones nominales mínimas deben ser 6 cm de alto, 10 cm de ancho y 24 cm de largo.

Tabla 3.- Características típicas de algunas piedras artificiales (Robles y otros, 1984)

Material	Resistencia a la compresión fp (kg/cm ²)	Coefficiente de variación, cv	Peso volumétrico (t/m ³)
Tabique rojo de barro recocido	35 – 115	10-30	1.30-1.50
Tabique extruido perforado verticalmente	150-430	11-25	1.65-1.96
	310-570	15-20	1.62-2.06
	150-400	11-26	1.66-2.20
Tabique extruido macizo	375-900	5-16	1.73-2.05
Tabique extruido, huecos horizontales	75-80	13-18	1.25-1.32
	50-80	16-30	1.69-1.78
Bloques de concreto Ligeros	20-50	10-26	0.95-1.21
	20-80	7-29	1.32-1.70

Pesado	70-145	7-28	1.79-2.15
Tabicón	45-120	11-35	1.05-1.6
Silicio Calcáreo	175-200	11-15	1.79

1.1.1.2 Morteros

Los morteros se definen como mezclas plásticas aglomerantes que son el resultado de combinar arena y agua con un material cementante que puede ser cemento, cal, o una mezcla de ambos. Las propiedades más significativas de los morteros son: su resistencia a compresión y tensión, adherencia con la piedra, módulo de elasticidad, trabajabilidad, rapidez de fraguado e impermeabilidad. Otra característica importante es su propiedad de retención de agua, que significa, su capacidad para evitar que la pieza absorba el agua necesaria para el fraguado del mortero.

Las propiedades mecánicas de los morteros son muy variables y dependen principalmente del tipo de cementante utilizado y de la relación arena/cementante. Los morteros a base de cal, son de baja resistencia a compresión, del orden de 1 a 10 kg/cm², por lo cual en las NTCM se descarta el uso de la cal como único cementante del mortero en elementos que tengan función estructural. Según dichas normas, todo mortero deberá tener cemento hidráulico, por lo menos las proporciones que indican la tabla 4.

Tabla 4 Proporcionamientos recomendados para mortero en elementos estructurales (GDF, 2002)

Tipo de mortero	Partes de cemento	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal	Partes de arena*	Valor típico de la resistencia nominal en compresión, kg/cm ²
I	1	0	0 a ¼	No menos de 2.25 ni más de 3 veces la suma de cementantes en volumen	125
	1	0 a 1/2	0		
II	1	0	¼ a ½	veces la suma de cementantes en volumen	75
	1	½ a 1	0		
III	1	0	½ a ¼		40

*EL volumen de arena se medirá en estado suelto.

Los morteros de cemento tienen resistencias más altas que los de cal, entre 40 y 200 kg/cm². El módulo de elasticidad varía entre 10,000 y 50,000 kg/cm² y el peso volumétrico es aproximado a 2,000 kg/m³. Los morteros con más de un cementante se conocen como mixtos. Es

muy común elaborar morteros con cemento y cal aprovechando las propiedades de ambos materiales, logrando mezclas de muy buena resistencia y excelente trabajabilidad.

Las NTCM del RCDF consideran para fines estructurales, una relación arena/cementante entre 2.25 y 3 medida en volumen, esta relación garantiza una buena resistencia, buena adherencia y baja contracción.

Las NTCM del RCDF-2004 establecen las siguientes características para morteros utilizados en elementos estructurales:

- Su resistencia a compresión será por lo menos de 40 kg/cm^2 (4 MPa)
- Siempre deberán contener cemento en la cantidad mínima que se indique.
- La relación arena/cementantes se encontrara entre 2.25 y 3, y el volumen de arena se medirá en estado suelto.
- Se empleara la mínima cantidad de agua que dé como resultado una mezcla de fácil trabajabilidad.
- Los materiales se mezclaran en recipientes no absorbentes.
- El tiempo de mezclado una vez añadida el agua no debe ser menor a 4 min.
- Para el remezclado, si el mortero empieza a endurecerse, podrá mezclarse hasta que vuelva a su consistencia agregando un poco de agua. Solo se aceptara un remezclado.
- Los morteros a base de cemento portland ordinario deberán usarse dentro de un lapso de 2.5 horas a partir del mezclado inicial.

1.1.2 TIPOS DE MUROS.

1.1.2.1 Muros diafragma.

Son los que se encuentran rodeados por las vigas y columnas de un marco estructural al que proporcionan rigidez ante cargas laterales. Pueden construirse de mampostería confinada, reforzada interiormente, no reforzada o de piedras naturales. Según las NTCM del RCDF el espesor de los muros no será menor de 100 mm.

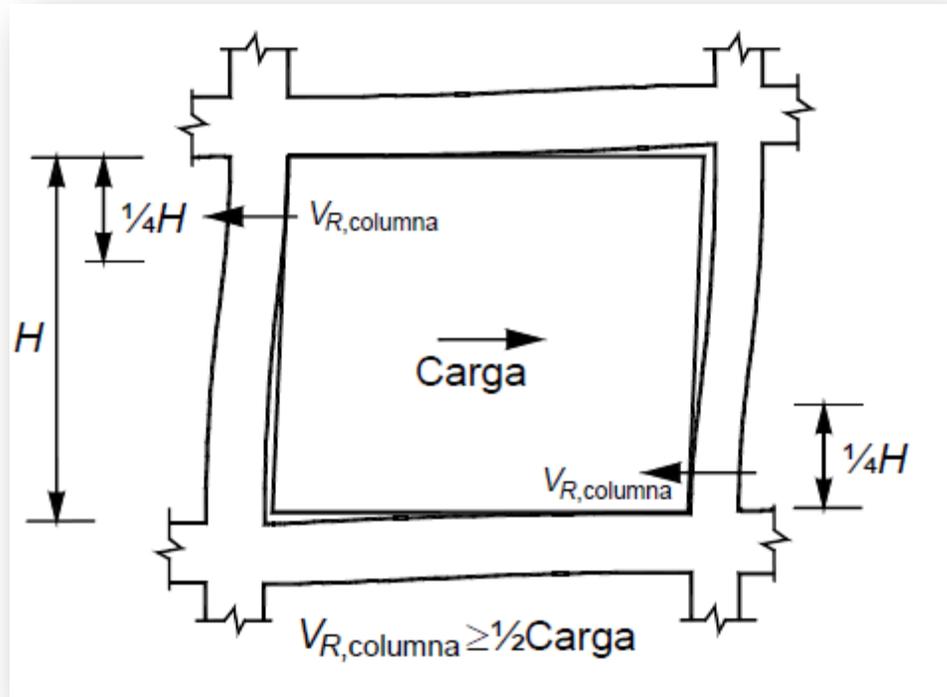


Figura 4: Interacción marco-muro diafragma (NTCM-RCDF-2004).

1.1.2.2 Muros confinados.

Son los muros que están reforzados con castillos y dalas. Para ser considerados como muros confinados deben cumplir los siguientes requisitos:

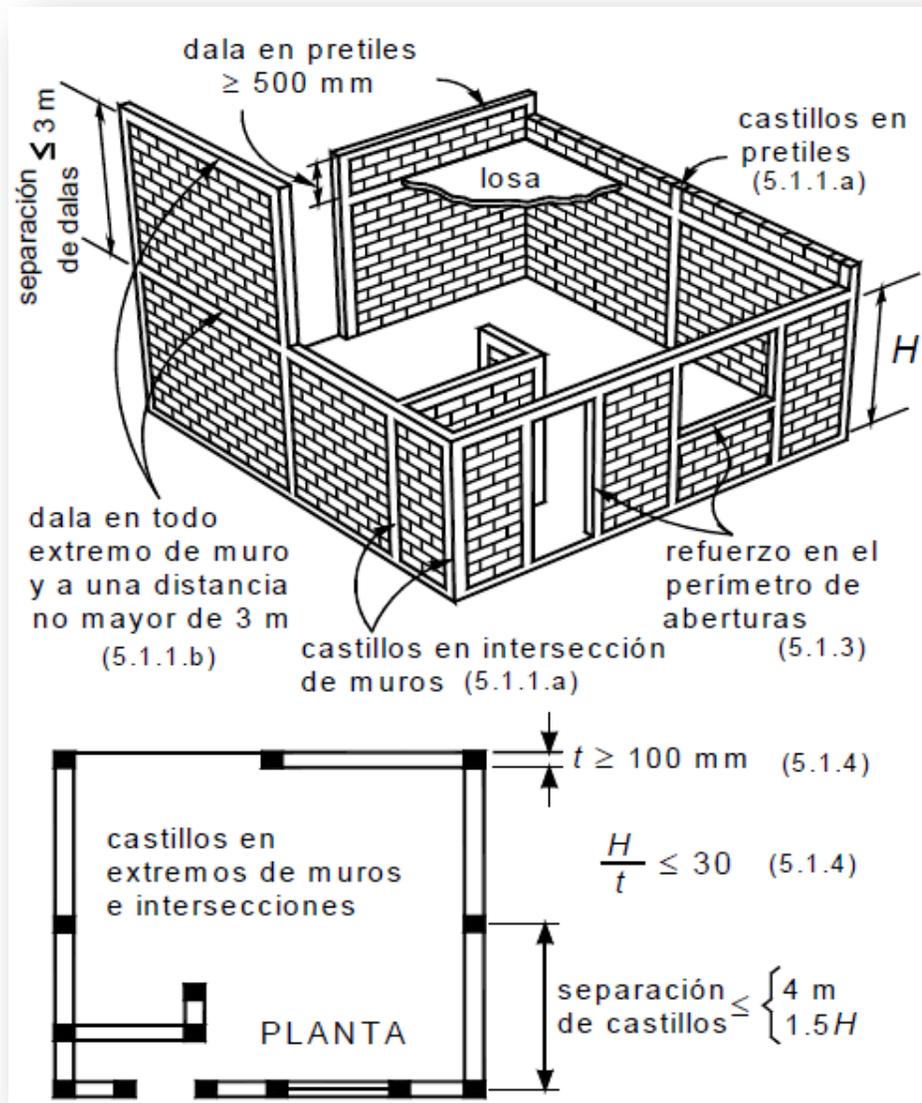


Figura 5: Requisitos para muros confinados (NTCM-RCDF).

Los castillos y dalas deben cumplir con lo siguiente:

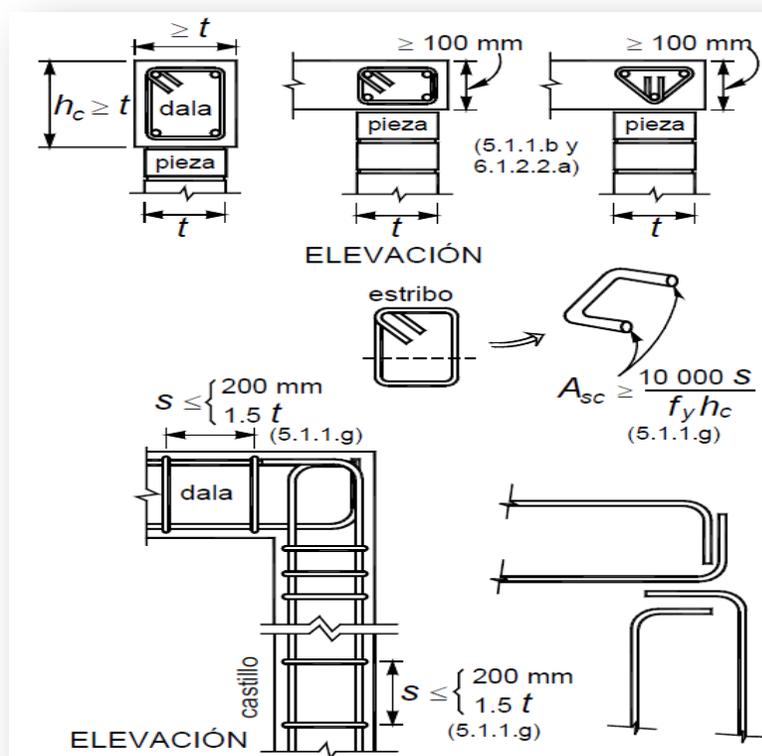
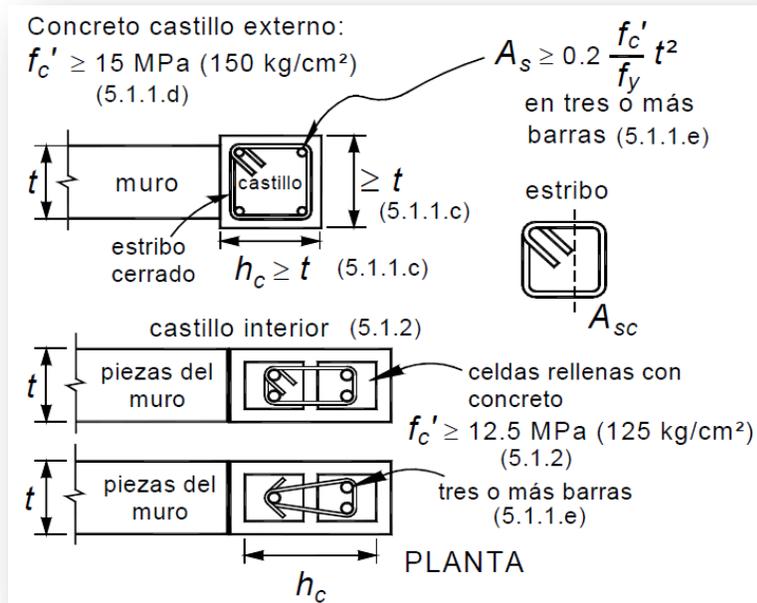


Figura 6: Requisitos para castillos y dalas para muros confinados (NTCM-RCDF-2004).

1.1.2.3 Muros reforzados interiormente.

Son muros reforzados con barras o alambres corrugados de acero, horizontales y verticales, colocados en las celdas de las piezas, en ductos o en las juntas, y deberán cumplir con los requisitos:

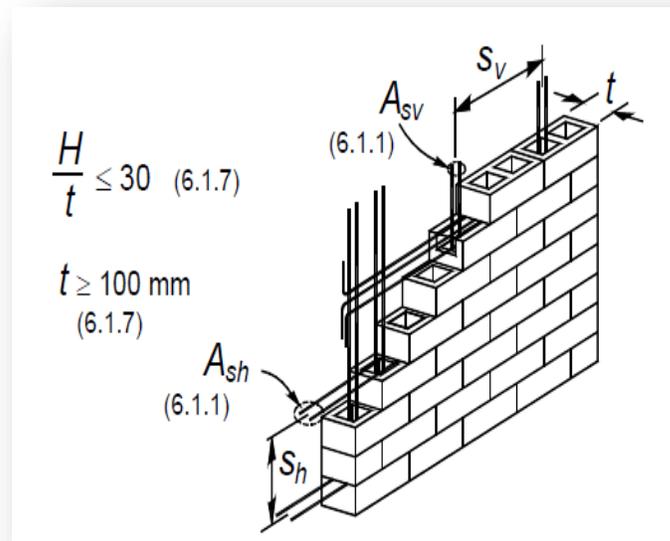
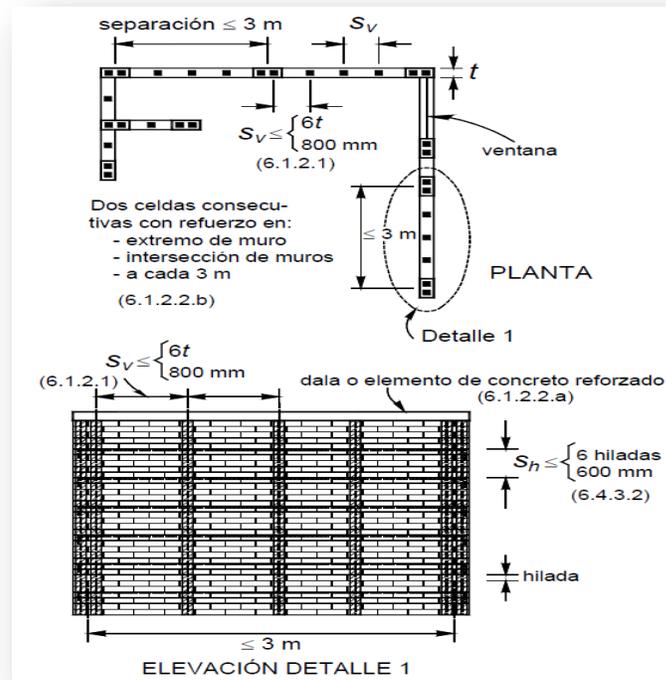


Figura 7: Requisitos de mamposterías con refuerzo interior (NTCM-RCDF-2004).

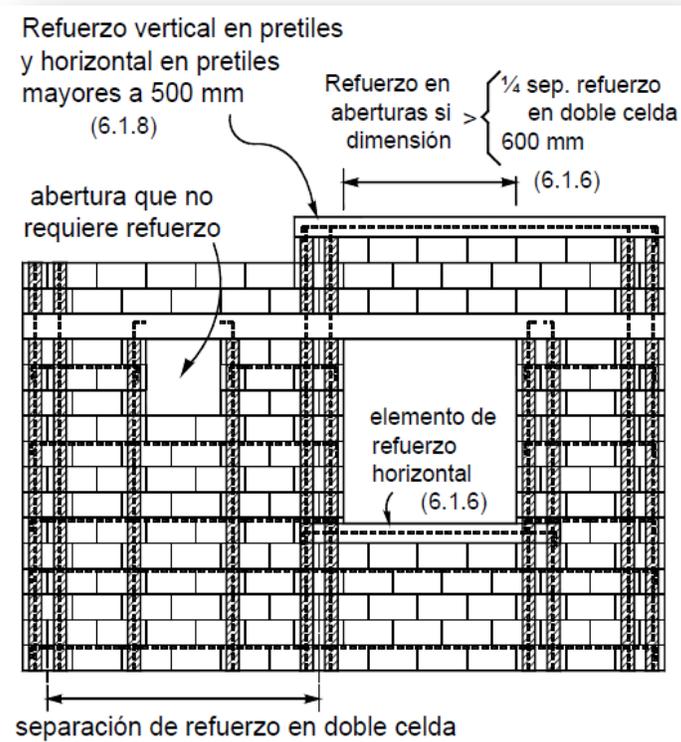
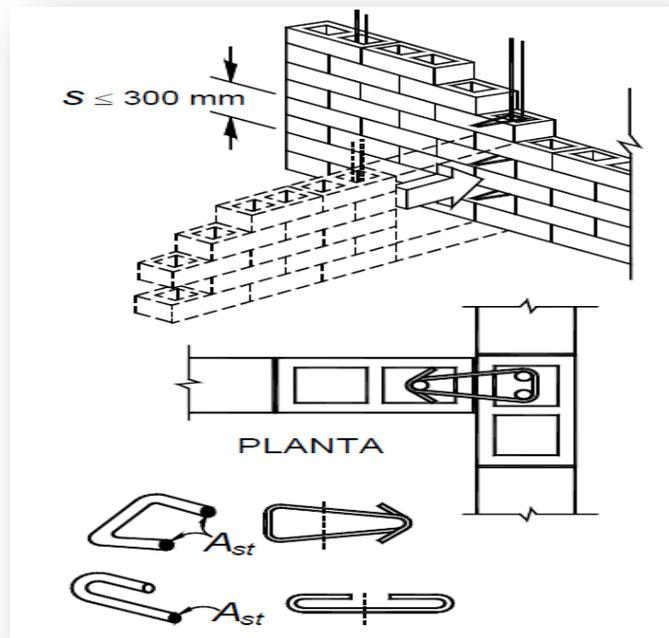


Figura 8: Refuerzo en aberturas y pretiles (NTCM-RCDF-2004)

2. ANTECEDENTES.

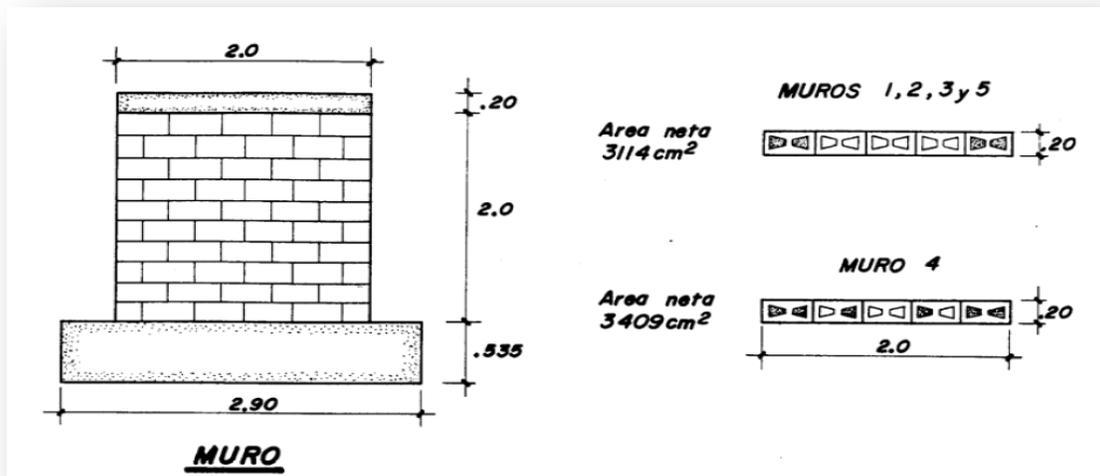
En la actualidad, el uso de sistemas de mampostería para la vivienda es uno de los procesos constructivos más utilizados en el país, y se tiene una costumbre muy arraigada para el uso de las mismas, pero no se cuenta con las especificaciones adecuadas para las piezas de mampostería de cada zona o estados de la república, tomando solo como base la NTC de Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, pero las piezas utilizadas en otros estados del país no cuentan con las mismas propiedades mecánicas, tampoco el control de calidad en la fabricación de las piezas es idéntico al usado en el DF, por lo que en este trabajo se buscara obtener resultados de las piezas de block de concreto ligero fabricado exclusivamente en el estado de Querétaro, así como el comportamiento de las piezas utilizando diferentes tipos de mortero.

2.1 TRABAJOS PREVIOS

Las investigaciones previas en el estudio de mamposterías se expanden en todo América Latina, estudiando muretes y pilas así como muros de tamaño real, investigando con nuevos materiales o con el uso de materias primas de uso común en la vida cotidiana, buscando el mejor resultado para cada problema en particular que pueden presentar los diferentes tipos de muros de mamposterías.

- **Víctor Ramírez, Christian Saavedra, Ángel San Bartolomé, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Pontificia Universidad Católica del Perú, 1984.**

Buscaban obtener los efectos producidos por el refuerzo de acero ante la aplicación de solicitaciones laterales en muros de tamaño real, pilas y muretes en el trabajo titulado “ENSAYOS DE CARGA LATERAL EN MUROS CON BLOQUES DE CONCRETO VIBRADO –EFECTOS DEL REFUERZO–”. Estudiaron las diferentes formas de comportamiento de los elementos con diferentes configuraciones de acero de refuerzo así como relleno de concreto en los huecos de las piezas.



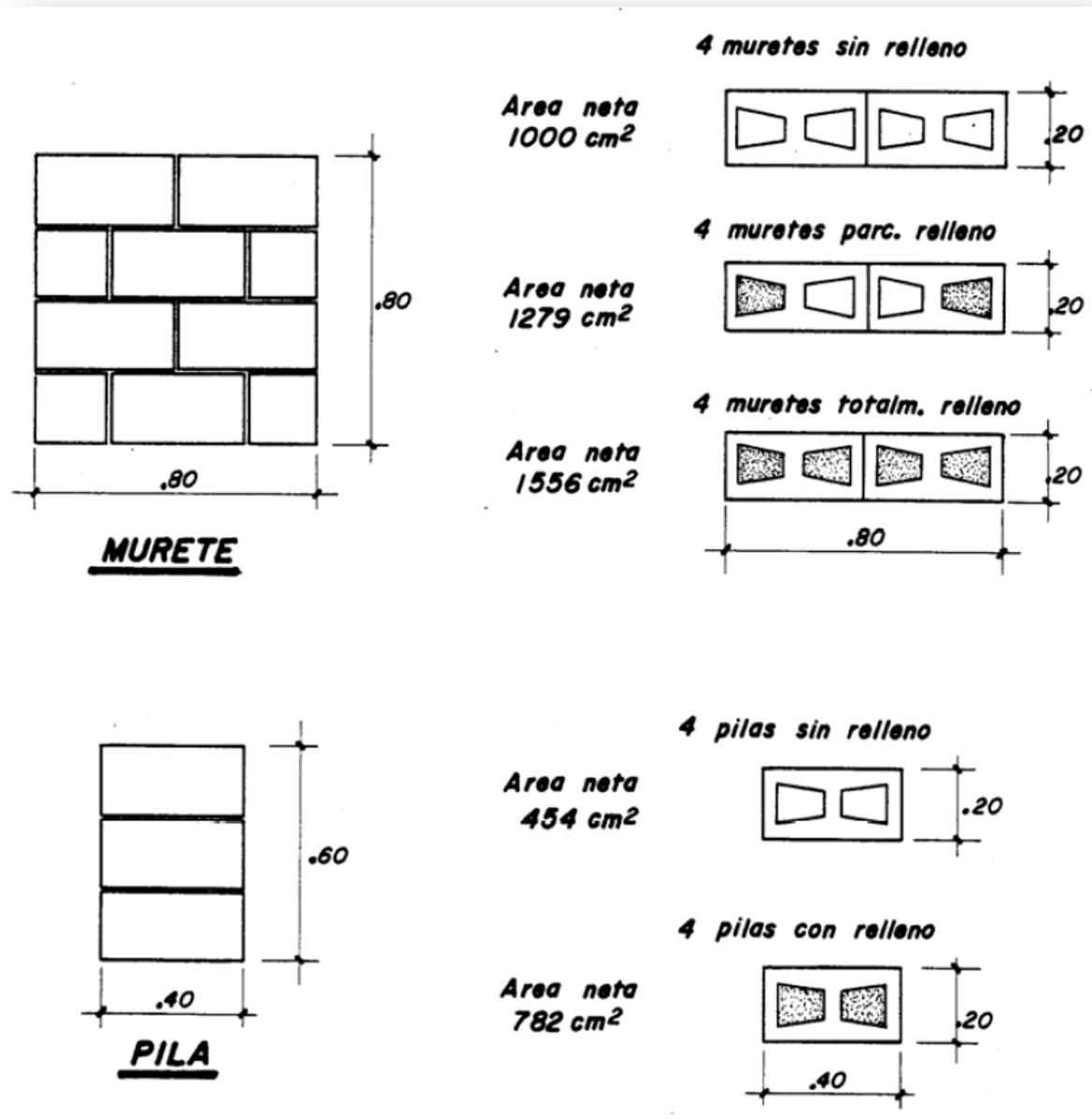
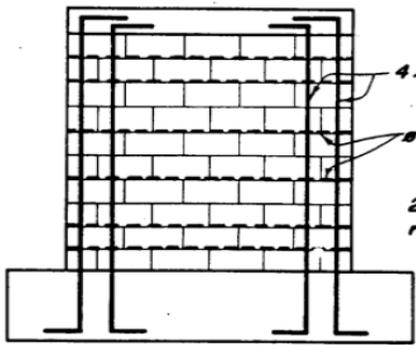
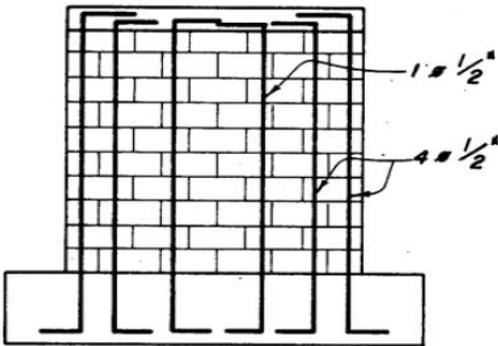
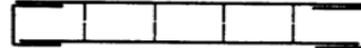


Figura 9: Dimensiones nominales (m), forma y cantidad de muros, muretes y pilas.

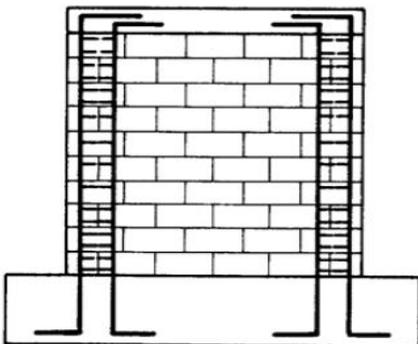


- MURO 1** ♦ Hor. = 0
 $f_H = 0$
- MURO 2** ♦ Hor. malla $\frac{1}{4}$ "
 $f_H = 0.08\%$
- MURO 3** ♦ Hor. malla $\frac{3}{16}$ "
 $f_H = 0.04\%$
 ♦ Vertical total = $8 \text{ } \frac{1}{2}$ "

Forma de la malla tipo escalera
 electrosoldada



- MURO 4** ♦ Horizontal = 0
 ♦ Vertical total = $10 \text{ } \frac{1}{2}$ "



- MURO 5** ♦ Horizontal = 0
 ♦ Vertical total = $8 \text{ } \frac{1}{2}$ "
 Estribos ♦ $\frac{1}{4}$ " : 6@.10, 3@.20, 7@.10
 Bloques extremos con alma recortada

Figura 10: Refuerzo en los 5 muros de tamaño real.

En este trabajo se concluye que en el mejor comportamiento de un muro con acero de refuerzo, las grietas que se presentaron tuvieron una forma muy fina, lo que significa que el acero de refuerzo trabajo en forma directa posteriormente a la aparición de la primera grieta (muro #5).

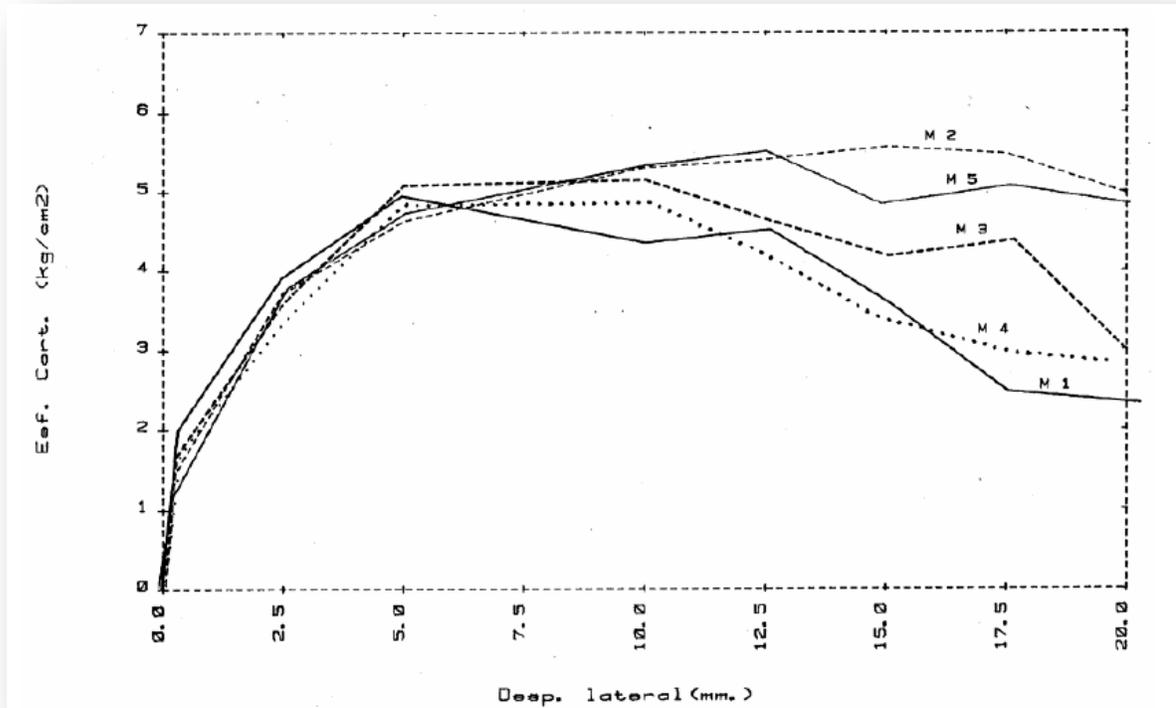
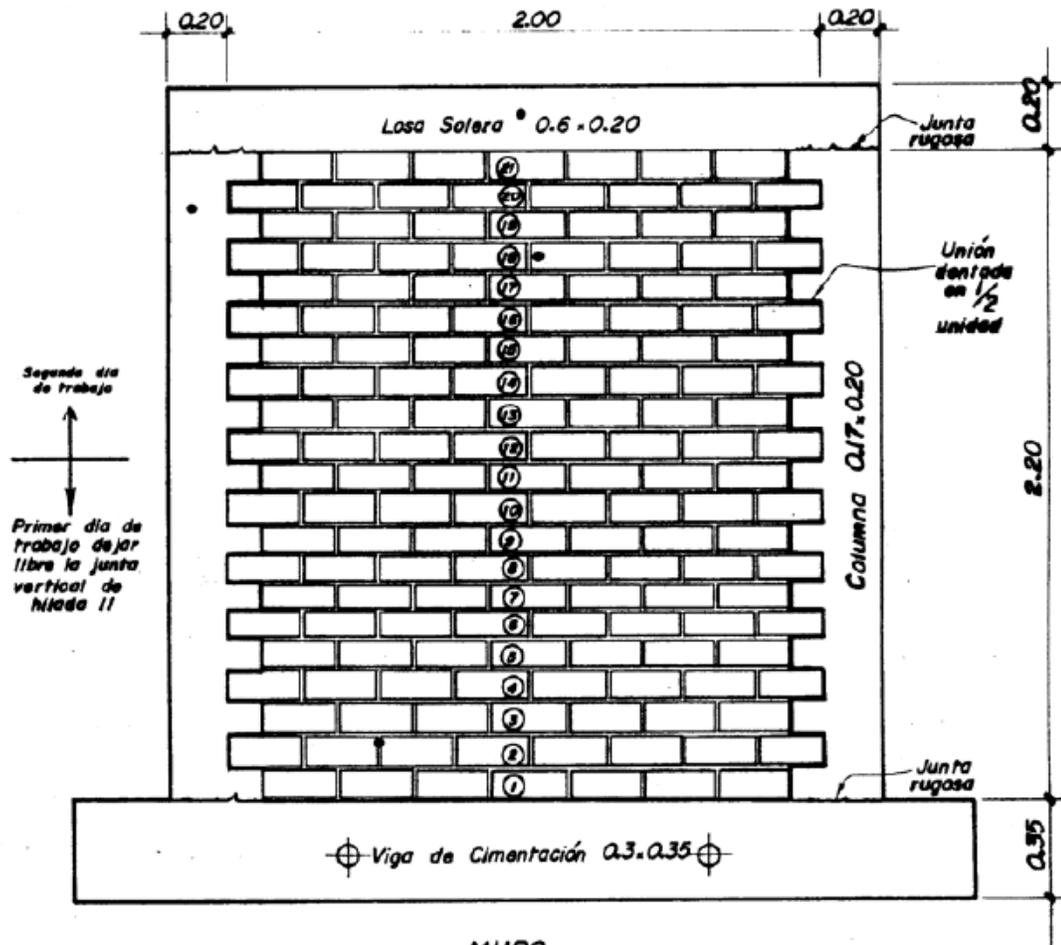


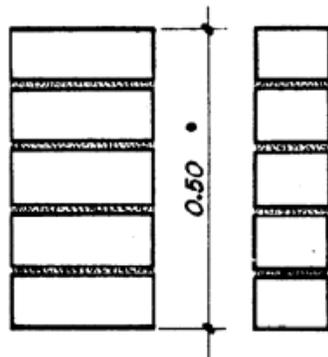
Figura 11: Envoltura de esfuerzo-deformación de muros.

- **Ángel San Bartolomé, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1983**

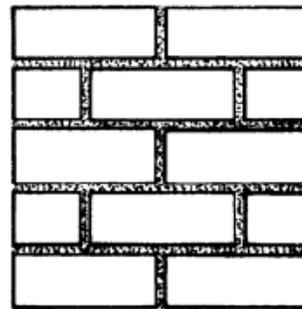
La correlación existente entre los resultados de experimentación de muros a escala natural y pequeñas probetas utilizando diferentes tipos de ladrillos y morteros es estudiada en el trabajo titulado "ENSAYOS DE CARGA LATERAL CICLICA EN MUROS DE ALBAÑILERIA CONFINADA – CORRELACION DE RESULTADO ENTRE ESPECIMENES A ESCALA NATURAL Y PROBETAS PEQUEÑAS". En este trabajo se concluye que no existe mayor variación en el comportamiento de los muros construidos con cal o sin ella. En la fig. 2.6 que muestra la resistencia al corte correspondiente al agrietamiento diagonal de los muros (vR) contra las resistencias características de las pilas ($f'm$) y muretes.



MURO



PILA



MURETE 0.50-0.50m

Figura 12: Medidas de los especímenes.

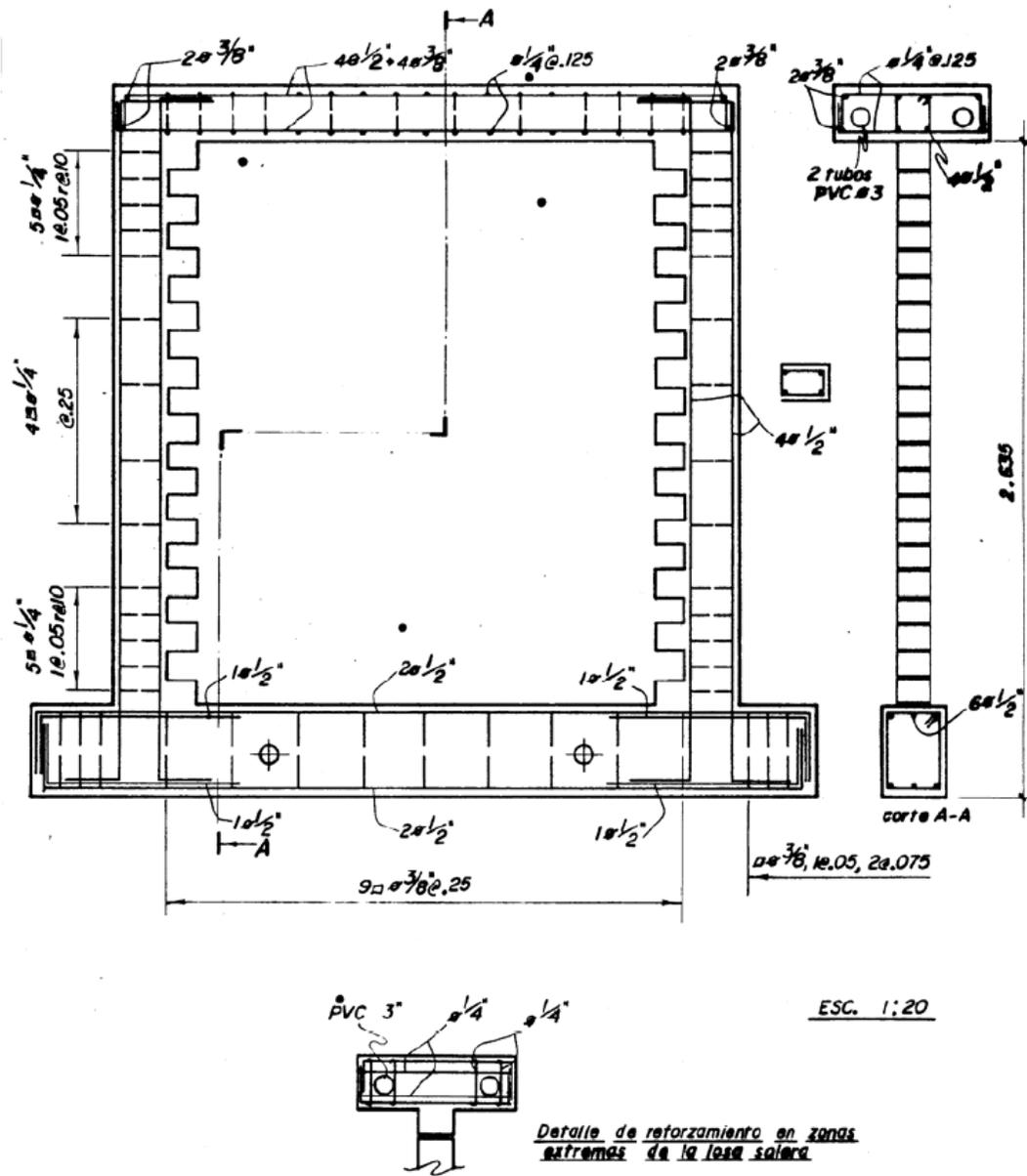


Figura 13: Refuerzo en los muros de tamaño real.

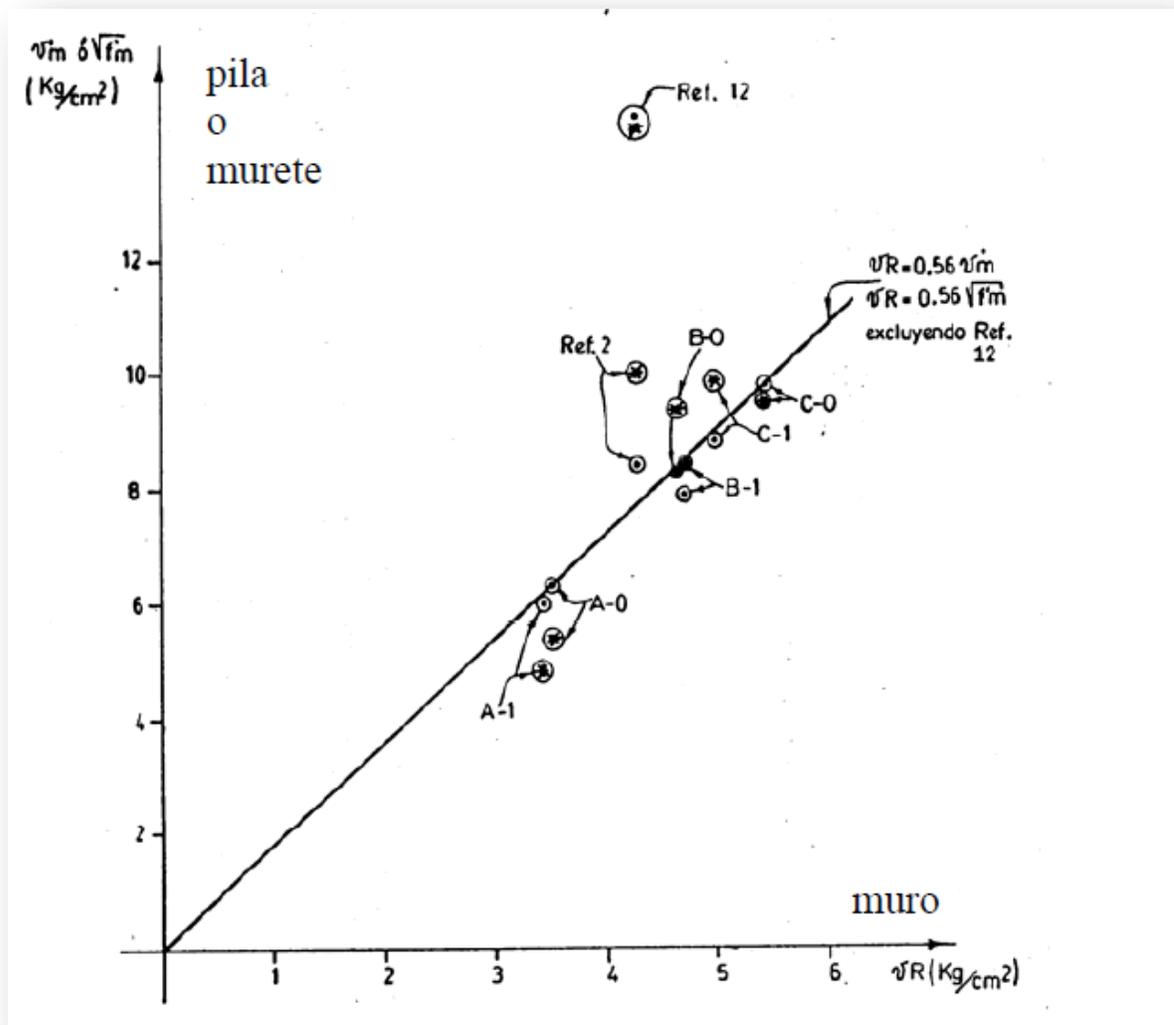


Figura 14: Correlación Muro-Pila o Muro-Murete.

- **Fabiana Lopes de Oliveira, Universidad de Sao Paulo, 2001**

La resistencia de la mampostería ante acciones de sismo o viento producen esfuerzos cortantes en los elementos, caso que estudia la tesis titulada “REABILITACAO DE PAREDES DE ALVENARIA PELA APLICACAO DE REVESTIMENTOS RESISTENTES DE ARGAMASSA ARMADA”, el mecanismo de ruptura depende de la orientación de las juntas en relación a la dirección de la fuerza aplicada. La ruptura puede ocurrir en las juntas, en las piezas o de forma mixta.

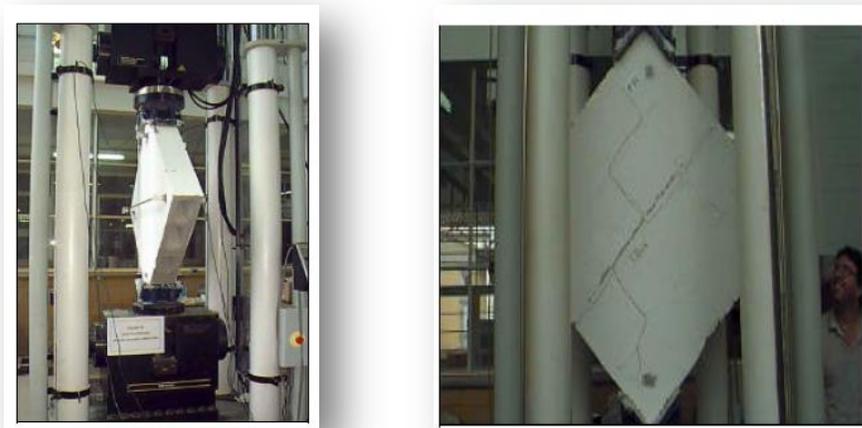


Figura: 15 Muretes ensayados a compresión diagonal.

Se concluye que los muretes sin revestimiento presentan grietas en forma de “escalera” y también una ruptura súbita. De modo general se obtiene que la aplicación de cualquier revestimiento en los muretes aumenta la resistencia a la compresión diagonal. La resistencia de los muretes crece conforme aumenta la resistencia del mortero de revestimiento, como ejemplo, los muretes que tenían revestimiento de mortero “fuerte” presentaron una mayor fuerza resistente que los muretes revestidos con mortero “débil”. Los muretes revestidos con mallas soldadas mostraron un mejor rendimiento en comparación con la acumulación de demasiada resistencia.

- **Meli Piralla Roberto, Hernández B. Oscar, 1971**

Roberto Meli Piralla hace un estudio muy vasto en cuanto a las piezas fabricadas en el Distrito Federal en su publicación “PROPIEDADES DE PIEZAS PARA MAMPOSTERÍA PRODUCIDAS EN EL DISTRITO FEDERAL”, en donde hace un muestreo de la producción de piezas para mampostería (tabiques y bloques) destinadas a la construcción en el Distrito Federal, con el fin de estudiar estadísticamente la variación de su resistencia a compresión. El ensaye de compresión sólo puede emplearse estrictamente para comparar la calidad de piezas del mismo tipo. Los resultados del muestreo efectuado indican que para las piezas producidas con poco control de calidad (tabique común y tabicón), la resistencia de las piezas de un mismo lote es muy variable y también lo es la resistencia media de lotes de la misma procedencia. Para piezas de producción más industrializada (tabiques extruidos y algunos bloques de concreto), la variación de las resistencias individuales y de las medias de lotes de una misma procedencia es mucha menor, mientras que existe una variación importante en la resistencia media de piezas producidas por diferentes fábricas. Lo anterior conduce a que, para piezas del primer tipo, toda la producción puede considerarse como una sola población, mientras que para las de producción industrializada deben considerarse poblaciones distintas para cada fábrica.

Tabla 5.- Comparación de resistencias obtenidas en piezas enteras y mitades.

Tipo de pieza	Dimensiones nominales	Resistencia sobre mitad		Resistencia sobre pieza entera	
		Media, en Kg/cm ²	Coef. Var. En porcentaje	Media, en Kg/cm ²	Coef. Var. En porcentaje
Tabique rojo recocido	7 x 14 x 28	58	19	58	24
		88	11	75	20
		55	21	63	21
		45	28	37	22
		92	27	109	36
Tabiques extruidos huecos verticales	6 x 12 x 24	210	20	187	16
	6 x 12 x 24	219	46	231	39
	6 x 10 x 20	365	16	371	10
	6 x 10 x 20	575	15	596	12
	6 x 10 x 20	540	20	548	8
	10 x 14 x 21	572	18	583	12
Tabicón	10 x 14 x 28	127	20	97	29
		33	9	33	13
Bloque concreto pesado	15 x 20 x 40	132	28	120	16
		104	20	82	14
		109	13	106	14

- **Benhur Antonio Cabrera Adame y Mauricio Martínez Alaníz, UAQ.**

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL TABIQUE ROJO RECOCIDO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN EN EL MUNICIPIO DE QUERÉTARO”. Y en el cual recopilan información de materiales de la región para el caso de tabique rojo recocido.

- **Rubén Ramírez Jiménez, UAQ.**

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA MAMPOSTERÍA NO REFORZADA EN COMPRESIÓN Y BAJO TENSIÓN DIAGONAL”, en el cual hace un estudio de piezas de tabique rojo recocido y tabicón de concreto.



Figura 16.- Ensayo de piezas individuales de tabique rojo recocido.



Figura 17.- Ensayo de pila y murete de tabique rojo recocido.



Figura 18.- Ensaye de pila y murete de tabicón de concreto.

En este trabajo se concluyó la baja resistencia a compresión simple de los tabiques rojos recocidos y se hace recomendación de realizar estudios que permitan mejorar los procesos de fabricación. Para las piezas de tabicón de concreto se recomendó la determinación de las características físicas y granulométricas de la arenilla utilizada, así como estudios experimentales para establecer la mejor proporción de cada uno de los materiales.

2.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El estado de Querétaro es uno de los estados con más alto índice de crecimiento poblacional, razón por la cual es una de las prioridades cubrir las necesidades de la población, en especial la parte de la vivienda.

La mayoría de las construcciones actuales que se realizan en el estado, exceptuando las grandes ciudades como Querétaro, San Juan del Río, Corregidora y El Márquez, son mediante autoconstrucción, sin llevar un control adecuado de la calidad de la construcción y de los materiales utilizados.

Aunado a esto, en el estado y en los municipio de éste, existen pocos reglamentos de construcción, y en caso de existir, no cuentan con Normas Técnicas Complementarias que nos permitan conocer las características que deben cumplir los materiales de la región utilizados en la construcción.

Por todo esto, se considera necesario el estudio de los materiales utilizados en la fabricación de muros de mampostería, en particular, bloques de concreto ligero, que junto con piezas de tabicón, son las piezas de mampostería más usadas en la región. Todo esto con la finalidad de conocer las características de estas piezas en conjunto con diferentes tipos de mortero de pega, y particularizarlos a la región de estudio, en nuestro caso la ciudad de Querétaro. Ya que en la mayoría de los casos en todo México, se utilizan las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento del Distrito Federal, las cuales consideran todas las variables que se deben de tomar en cuenta para el diseño de muros de mampostería, sin embargo, estas se basan en ensayos de hace 40 años y para materiales exclusivamente del Distrito Federal.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del mortero de pega en la resistencia a esfuerzo cortante de muretes de mampostería elaborados con bloques de concreto ligero.

2.3.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer la resistencia al esfuerzo cortante de los bloques de concreto ligero de tres fabricantes de en la ciudad de Querétaro.
- Cuantificar la relación entre la resistencia individual de las piezas de mampostería y la resistencia en conjunto de los muretes.
-

2.4 HIPOTESIS

La resistencia a cortante de la mampostería de bloques de concreto ligero aumenta conforme se incrementa la resistencia del mortero de pega utilizado.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 PROPIEDADES DE LAS PIEZAS

Las dimensiones, requisitos y propiedades de las piezas (bloques de concreto), se obtendrán experimentalmente conforme a los lineamientos establecidos por las normas mexicanas correspondientes (NMX-C-404-ONNCCE-2005, NMX-C-036-ONNCCE-2004 y NTCM-2004). Para el caso del coeficiente de saturación y el módulo de ruptura, se tomara como referencia la norma internacional ASTM C67-91. Absorción de agua (NMX-C-404-ONCCE-2005 y NMX-C-037-ONNCCE-2005) (método de prueba). Las piezas que se utilizaran en este trabajo emanaran de tres proveedores diferentes, los cuales proveerán tres lotes de piezas cada uno.

3.1.1 DIMENSIONES DE LAS PIEZAS (cm)

Las dimensiones nominales de las piezas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-C-038 vigente, la cual establece las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción.

En la NMX-C-404-ONNCCE-2005, se establecen las dimensiones nominales mínimas con las que se debe cumplir:

Dimensiones para tabicones: Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: Alto 6 cm, ancho 10 cm y largo 24 cm. Las tolerancias en variación de las dimensiones de las piezas deben ser de ± 3 mm en la altura, y ± 2 mm en el largo y ancho.

3.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION (f_p) (MPa)

La resistencia a la compresión se obtuvo de acuerdo a la NMX-C-036 vigente que especifica el método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de ladrillos, bloques, tabicones y adoquines de concreto. Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

La resistencia de diseño se calculó de acuerdo a la siguiente Ecuación:

$$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1+2.5c_p}$$

Dónde:

\bar{f}_p - Media de la resistencia a compresión de las piezas, referida a su área bruta;

c_p - Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

3.1.3 ABSORCION MAXIMA INICIAL (Cb) (gr/min)

Las piezas de mampostería utilizadas en este proyecto deben cumplir con los valores de absorción máxima inicial de agua que establece la NMX-C-404-ONNCCE-2005. Para cumplir con dicha norma, se determinó el contenido de agua absorbida por los tabicónes de acuerdo a la NMX-C-37-ONNCCE-2005 y a la NMX-C-404 (absorción inicial).

La absorción inicial se determinó de acuerdo a la Ecuación:

$$A_{m1} = 193.55 \frac{W_h - W_s}{Lb}$$

Dónde:

A_{m1} - Absorción máxima inicial;

W_h - Peso del espécimen después del periodo de contacto con el agua (gr);

W_s - Peso del espécimen en estado seco (gr);

L - Longitud del espécimen (cm);

b - Ancho de la pieza del espécimen (cm).

3.1.4 ABSORCION MAXIMA A 24 HORAS (%)

De acuerdo a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 y NMX-C-037-ONNCCE-2005, las piezas de mampostería deben cumplir con los valores de absorción máxima de agua que para el caso del tabicón marca un 15%. En la Figura 36 se muestran los especímenes en condición de saturación.

La absorción máxima de agua durante 24 horas, se calculó de acuerdo a la Ecuación.

$$Absorción = \frac{W_{24h} - W_s}{W_s} \times 100$$

Dónde:

W_{24h} - Peso del agua absorbida después de 24 horas de inmersión en agua fría;

W_s - Peso seco de la pieza.

3.1.5 COEFICIENTE DE SATURACION (ADIMENSIONAL)

Para el análisis del coeficiente de saturación, en ausencia de norma mexicana, se usó la norma ASTM C67-91, la cual toma en cuenta las cavidades secundarias que contiene un material (Figura 37), lo cual se considera bueno para los climas extremos, sobre todo sujetos a bajas temperaturas y posibles congelamientos. La presencia de cavidades secundarias favorece el acomodo de deformaciones internas (Tena 2004). En la Figura 38 se muestran ejemplos de los especímenes sometidos al agua hirviendo.

El coeficiente de saturación, se calculó de acuerdo a la Ecuación.

$$CS = \frac{C}{B} = \frac{W_{24h} - W_s}{W_{5h} - W_s} \leq 1.0$$

Dónde:

C - Peso de agua absorbida después de 24 horas de inmersión en agua fría;

B - Peso de agua absorbida después de 5 horas de inmersión en agua hirviendo.

3.1.6 MODULO DE RUPTURA (f_r) (MPa)

El módulo de ruptura se define como el máximo esfuerzo de tensión o compresión en la fibra extrema del material ensayado a flexión. La norma ASTM C67-91, establece el método de prueba para el ensayo de las piezas de mampostería a flexión (Tena 2004). Esta prueba mide la resistencia de los tabiques a la tensión. En la Figura 39 se muestra el ensayo típico de ruptura.

El módulo de ruptura se obtiene de la fórmula de flexión, según la Ecuación.

$$f_r = \frac{My}{I} = \frac{3 PL}{2 bt^2}$$

Dónde:

$$M = \frac{PL}{4}.$$

3.1.7 PESO VOLUMETRICO (γ) (ton/m^3)

El peso volumétrico se define como: el peso medio por unidad de volumen de los materiales que integran un conjunto estructural (Saad, 1979). El peso volumétrico de las piezas usadas en el muro se determinó de manera sencilla (según NTCM-RCDF-2004), tomando el peso seco de cada una de las piezas que se utilizó para los demás ensayos, y calculando el promedio, éste último se dividió entre el volumen de la pieza, obteniendo así el peso volumétrico. En la Figura 40 se muestra el proceso de pesado de cada pieza.

3.2 PROPIEDADES DEL MORTERO

El mortero empleado en la construcción muretes fue tipo I, II, III, según las NTCM-2004 y se proporcionó, por tanto, conforme a las recomendaciones de la tabla 2.2 de dicha norma. La proporción en volumen que se usó de cemento, cal y arena fue conforme a la norma. Cabe señalar que ningún tipo de mortero usado para autoconstrucción se apega a estos proporcionamientos.

3.3 PROPORCIONES EN VOLUMEN PARA MORTEROS.

La resistencia a compresión del mortero de pega se determinó de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE. Se elaboraron seis cubos de mortero de una muestra obtenida de cada bacha utilizada para fabricar las probetas. Se almacenaron y curaron en las mismas condiciones que las probetas a las cuales se les asocio. El ensaye de los cubos se realizó a los 28 días aproximadamente.

Tabla 6.- Proporciones en volumen para morteros.

Mezcla	Tipo de mortero	Cemento	Cal	Cemento de albañilería	Arena	Resistencia nominal en compresión (kg/cm^2)
I	I	1	1/4	-	3.125	125
II	II	1	1/2	-	3.75	75
III	III	1	1	-	5	45
IV	I	1	-	1/2	3.75	125
V	II	1	-	1	5	75
VI	I	1	-	-	2.5	125

3.4 PROPIEDADES DEL ENSAYE DE MURETES

Se ensayaron una serie de muretes sin refuerzo, que sirvieron de base para comparar la resistencia que pueden alcanzar los muretes con los seis tipos de mortero. Se ensayaron 4 muretes por cada mezcla para cada lote de cada uno de los proveedores lo cual dio un total de 216 muretes a ensayar para esta investigación.

La resistencia de diseño a cortante o tensión diagonal de la mampostería sobre el área bruta ($v \cdot m$) y el módulo de cortante (G_m) se determinaron de acuerdo con las NTCM-2004 y al proyecto de Norma Mexicana PROYNMX-S/N-ONNCCE-2005, que especifican un mínimo de tres muretes.

Se determinó el valor de esfuerzo cortante resistente a partir del ensaye de muretes con una longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza y con el número de hiladas necesario para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud (aproximadamente 60 cm). Los muretes se ensayaron sometidos a una carga de compresión a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinó dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal.

3.4.1 FUNDAMENTOS DE LA PRUEBA A COMPRESION DIAGONAL

Para determinar la resistencia a cortante de la mampostería, se utiliza un ensaye de compresión diagonal. Este ensaye consiste en aplicar una compresión diagonal a un murete de dimensiones aproximadamente cuadradas en las que la base sea formada por lo menos de una y media piezas. En este ensaye, en el murete se produce un estado de esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal vertical en la cual se aplica la carga, pero al mismo tiempo se produce un estado de esfuerzos de tensión a lo largo de la diagonal perpendicular a la que se produce la compresión. Como en el caso de la mampostería no reforzada el esfuerzo resistente a la tensión es mucho menor que el esfuerzo resistente a la compresión de la mampostería, aunque se trate de un ensaye de compresión diagonal, el modo de falla es en prácticamente todos los casos por tensión diagonal.

La falla de un muro por efecto de fuerzas cortantes ocurre generalmente a través de grietas inclinadas debidas a tensiones diagonales. Estas grietas se forman generalmente a lo largo

de las juntas, propiciadas por la debilidad de la unión pieza-mortero; sin embargo, para piezas con baja resistencia y buena adherencia con el mortero, las grietas atraviesan indistintamente piezas y mortero.

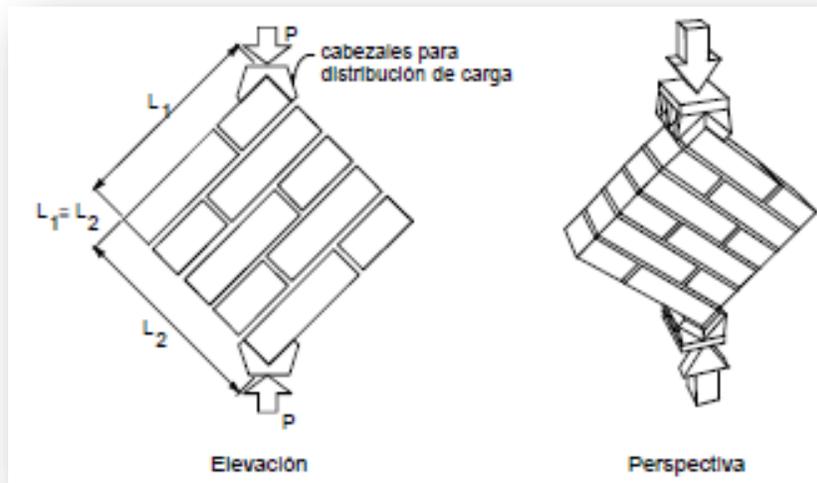


Figura 19: Ensayo a compresión diagonal (ONNCE, 2002b).

3.3.2 MAQUINA DE PRUEBA

La máquina utilizada en este trabajo fue una FORNEY TESTING MACHINE, modelo LT-1150, con capacidad de 150 toneladas, que se encuentra dentro del Laboratorio de Resistencia de Materiales de las Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, UAQ.



Ilustración 1: Máquina Universal de prueba utilizada en éste trabajo.

3.3.3 DISPOSITIVOS DE MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS EN LAS DIAGONALES

Los dispositivos utilizados para medir los desplazamientos (micrómetros) en las pruebas de muretes se colocaron sobre las diagonales, y cuentan con una precisión de 0.001". El objetivo de colocarlos en dichos lugares fue el obtener los desplazamientos (alargamiento y acortamiento) a lo largo de la longitud sobre las diagonales.

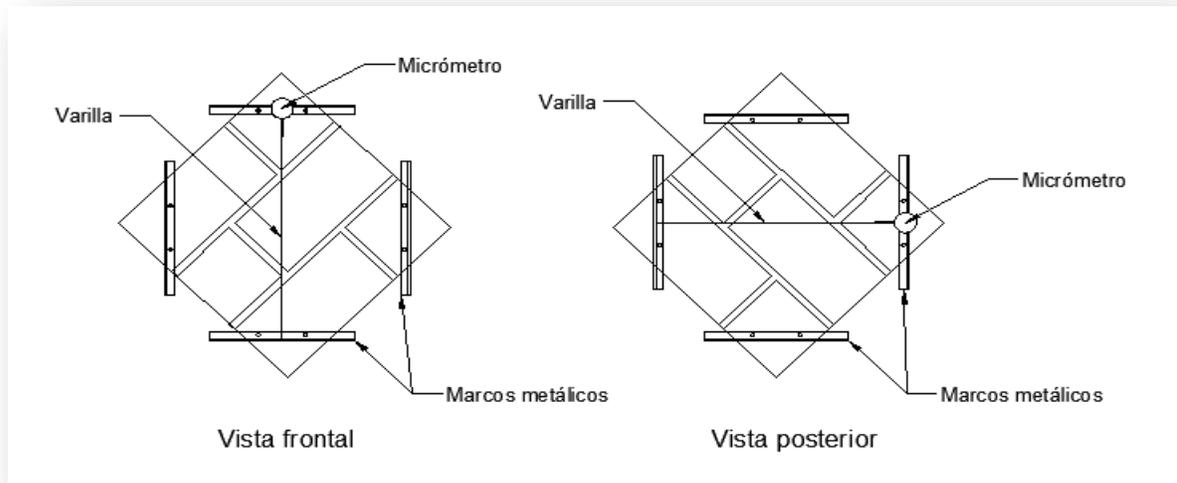


Figura 20: Dispositivos para medición de desplazamientos.

3.3.4 RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL.

Teniendo como referencia las NTC-RCDF-2004 y la Norma Mexicana PROYNMX-S/N-ONNCE-2005, se determinó la resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería sobre el área bruta ($v \cdot m$) y el módulo de rigidez (G_m).

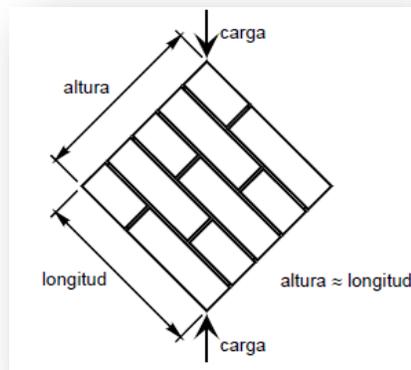


Figura 21: Muretes para prueba a compresión diagonal (NTCM-RCDF-2004).



Figura 22: Murete preparado para prueba de compresión diagonal.

Los muretes se construyeron con una longitud de al menos una vez y media la longitud de la pieza y las hiladas necesarias para que la altura fuese aproximadamente igual a la longitud.

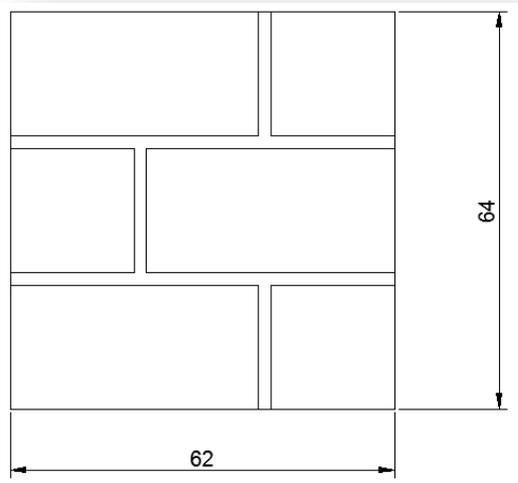


Figura 23: Medidas nominales de los muretes.

La determinación de la resistencia a compresión se efectuó como marcan las NTCM-RCDF-2004 con un mínimo de nueve muretes provenientes de por lo menos tres lotes diferentes y utilizando la ecuación 3.1.

$$v^*{}_m = \frac{v_m^-}{1+2.5C_v} \quad (\text{ec. 3.1})$$

Dónde:

v_m^- es la media de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados

C_v es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados

y no se tomara menor a 0.20 (NTCM – RCDF – 2004)

3.3.5 MODULO DE RIGIDEZ A CORTANTE.

Con las pruebas a compresión diagonal realizadas y de acuerdo con las NTCM-RCDF-2004 y PROYNMX-S/N-ONNCE-2005, se determinó el módulo de rigidez a cortante de la mampostería siguiendo el procedimiento a continuación descrito: aplicando una carga uniforme y continua se tomaron lecturas de desplazamientos en los micrómetros tanto horizontal como verticalmente y se determinó el esfuerzo cortante (τ_1) correspondiente para una deformación igual a 0.00005, así como también se obtuvo la deformación correspondiente para el 40% del esfuerzo cortante máximo (τ_2). Y a partir de las lecturas tomadas se construyeron curvas de esfuerzo cortante vs deformación.

El módulo de rigidez se obtuvo partiendo de la ecuación:

$$G_m = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\gamma_2 - 0.00005} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Dónde:

G_m Rigidez a cortante

τ_1 Esfuerzo cortante correspondiente a una deformación igual a 0.00005

τ_2 Esfuerzo correspondiente al 40% del esfuerzo máximo

γ_2 Deformación angular debida al esfuerzo τ_2 .

Para el cálculo de la deformación angular se partió de la ecuación 3.3

$$\gamma = |\varepsilon_c| + |\varepsilon_t| \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$\varepsilon_c = \frac{\delta_c}{l_{o_c}} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$\varepsilon_t = \frac{\delta_t}{l_{o_t}} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde

ε_c Deformación de la diagonal a compresión.

ε_t Deformación de la diagonal a tensión.

δ_c Acortamiento sobre la longitud de la diagonal a compresión.

δ_t Alargamiento sobre la longitud a tensión.

l_{0c} Longitud original de la diagonal a compresión antes de la prueba.

l_{0t} Longitud original de la diagonal a tensión antes de la prueba.

3.3.6 MODOS DE FALLA.

Tres posibles modos de falla son los que pueden presentarse en las pruebas de compresión diagonal en los muretes. La primera es la falla por adherencia que ocurre cuando las piezas se separan del mortero y se produce una falla en forma escalonada.



Figura 24: Falla por adherencia.

La segunda de las fallas posibles es la que ocurre cuando las piezas tienen una menor resistencia que la adherencia con el mortero de pega, provocando que las piezas sean las que colapsen y se presente la ruptura en ellas, llamada falla por tensión diagonal.

La tercera de las fallas posibles es una en la que se presenten las dos anteriores, produciendo una falla mixta.

4.-RESULTADOS

4.1 Propiedades de las piezas

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las piezas de muestreo de los tres proveedores se muestran en el apéndice A. Las pruebas que se consideraron fueron:

- Dimensiones de las piezas

Las dimensiones promedio de las piezas utilizadas por los tres proveedores es de 15cm de base, 20cm de altura y 40cm de longitud. Cumpliendo así con las NMX-C-404-ONNCCE-2005.

- Resistencia a la compresión

Tabla 7.- Valores de diseño de piezas ensayadas a compresión de proveedor Avarza.

Compresion						
# Block	Carga kg	Área cm ²	f	fp	f*p (Kg/cm ²)	Valor de norma (Kg/cm ²)
1	29250	602.8	48.52061	54.632	34.543	60
2	36750	602.3	61.0125			
3	46750	601.3	77.7439			
4	23000	606.2	37.94239			
5	31500	607.7	51.83668			
6	39750	608.4	65.3396			
7	27125	602.7	45.0083			
8	30000	604.2	49.65462			

Tabla 8.- Valores de diseño de piezas ensayadas a compresión de proveedor Bloquera Queretana.

Compresion						
# Block	Carga kg	Área cm ²	f	fp	f*p (Kg/cm ²)	Valor de norma (Kg/cm ²)
1	56750	612.6	92.64399	83.618	55.746	60
2	46250	604.6	76.49123			
3	46250	605	76.44628			
4	55250	650	85.00581			
5	51000	606.5	84.08672			
6	46250	608.7	75.98299			
7	47500	612.4	77.56622			
8	60250	598.2	100.7242			

Tabla 9.- Valores de diseño de piezas ensayadas a compresión de proveedor Córdor.

Compresion						
# Block	Carga kg	Área cm2	f	fp	f*p (Kg/cm2)	Valor de norma (Kg/cm2)
1	22500	614.4	36.62374	32.508	21.672	60
2	18500	609.7	30.34279			
3	16250	604.8	26.8671			
4	20500	618.1	33.16866			
5	19500	630.8	30.91095			
6	25300	629	40.22378			
7	17500	633.5	27.62305			
8	21500	626.8	34.30024			

Como podemos observar en las tres tablas anteriores, ninguno de los tres proveedores cumple con el valor mínimo solicitado por las "Normas Técnicas Complementarias"

- Absorción máxima inicial y Absorción máxima a 24 hrs

Tabla 8.- Valores de absorción inicial y absorción a 24hrs de proveedor Avarza.

Pruebas de Absorcion					
# Block	P seco	P Abs	P 24hr	Am inicial	Am 24Hrs
15	12.195	12.685	15.705	0.156	28.782
14	12.705	13.075	16.04	0.118	26.250

Tabla 10.- Valores de absorción inicial y absorción a 24hrs de proveedor Bloquera Queretana.

Pruebas de Absorcion					
# Block	P seco	P Abs	P 24hr	Am inicial	Am 24Hrs
15	14.688	14.919	17.84	0.073	21.460
14	14.504	14.717	17.618	0.069	21.470

Tabla 9.- Valores de absorción inicial y absorción a 24hrs de proveedor Córdor.

Pruebas de Absorcion					
# Block	P seco	P Abs	P 24hr	Am inicial	Am 24Hrs
15	15.758	16.125	18.625	0.112	18.194
14	15.875	16.253	18.85	0.118	18.740

Como se puede observar en las tres tablas anteriores el proveedor que posee la mayor absorción es Avarza esto se debe a la porosidad de su piezas.

- Módulo de ruptura

Tabla 11.- Valores de ruptura de proveedor Avarza.

Módulo de ruptura	
Carga Kg	MR
2100	4.278
2700	5.355
2750	5.552
2500	5.151

Tabla 12.- Valores de ruptura de proveedor Bloquera Queretana.

Módulo de ruptura	
Carga Kg	MR
2100	4.122
2100	4.079
1650	3.151
1800	3.556

Tabla 13.- Valores de ruptura de proveedor Cóndor.

Módulo de ruptura	
Carga Kg	MR
1650	3.150
1550	2.872
1600	3.059
1250	2.388

El proveedor con mejor comportamiento en el módulo de ruptura es el de Avarza por lo tanto sus piezas tienen un menor comportamiento bajo tensiones

- Peso volumétrico

Tabla 14.- Valores de peso volumétrico neto mínimo de proveedor Avarza.

Peso Volumétrico Neto Mínimo						
# Block	L Prom (cm)	Anc Prom (cm)	Alt Prom (cm)	P seco	Vol (m3)	Kg/m3
14	40.20	15.10	20.10	12.705	0.0122011	1041.29938
15	40.13	15.07	20.20	12.195	0.01221445	998.407933

Tabla 15.- Valores de peso volumétrico neto mínimo de proveedor Bloquera Queretana.

Peso Volumétrico Neto Mínimo						
# Block	L Prom (cm)	Anc Prom (cm)	Alt Prom (cm)	P seco	Vol (m3)	Kg/m3
14	40.10	15.33	19.70	14.688	0.01211287	1212.5942
15	40.00	15.00	19.83	14.504	0.0119	1218.82353

Tabla 16.- Valores de peso volumétrico neto mínimo de proveedor Cóndor.

Peso Volumétrico Neto Mínimo						
# Block	L Prom (cm)	Anc Prom (cm)	Alt Prom (cm)	P seco	Vol (m3)	Kg/m3
14	40.40	15.63	20.13	15.875	0.01271594	1248.43259
15	40.33	15.37	19.97	15.758	0.01237512	1273.36158

Podemos observar un valor de peso volumétrico mínimo bajo en las piezas del proveedor Avarza y de las otras dos bloqueras el peso volumétrico mínimo es muy similar, aunque no llegamos al valor esperado por la norma que es de 1700Kg/m3 estas piezas se catalogan como piezas de block de concreto ligero por eso su peso es inferior al mencionado por las normas técnicas complementarias.

4.2 Propiedades del mortero

De las pruebas a compresión de las muestras de mortero se obtuvieron los siguientes valores de diseño, siguiendo lo especificado en las NTCM-RCDF-2004.

Tabla 17.- Valores de diseño de muestras de mortero de pega

Lote	Mezcla	Espécimen						V _m	C.V.	V [*] _m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
		1	2	3	4	5	6					
1	1	83.360	89.772	76.285	78.217	79.259	79.026	80.987	0.060	53.99	125.00	I
	2	97.092	98.146	84.213	99.853	88.518	76.848	90.779	0.101	60.52	75.00	II
	3	50.261	42.022	51.731	49.034	44.803	48.180	47.672	0.076	31.78	40.00	III
	4	119.141	127.440	117.906	114.742	0.000	0.000	79.871	0.776	27.16	125.00	I
	5	95.847	83.283	85.960	87.758	98.863	109.331	93.507	0.105	62.34	75.00	II
	6	121.063	125.564	123.857	133.215	139.032	139.111	130.307	0.061	86.87	125.00	I
2	1	7.229						7.229			125.00	I
	2	10.758						10.758			75.00	II
	3	6.382						6.382			40.00	III
	4	125.067	88.308	100.223	142.594	142.593	145.795	124.097	0.198	82.73	125.00	I
	5	159.529	161.790	169.932	164.534	173.217	158.622	164.604	0.036	109.74	75.00	II
	6	160.792	149.960	170.937	178.332	168.877	165.060	165.660	0.058	110.44	125.00	I
3	1	7.229						7.229	# _i DIV/0!	# _i DIV/0!	125.00	I
	2	7.354						7.354	# _i DIV/0!	# _i DIV/0!	75.00	II
	3	94.232	98.709	89.916	82.252	94.445	91.051	91.768	0.061	61.18	40.00	III
	4	151.582	119.984	150.462	142.135	146.284	120.016	138.411	0.106	92.27	125.00	I
	5	149.228	126.006	128.159	142.381	138.519	132.353	136.108	0.065	90.74	75.00	II
	6	16.523						16.523	# _i DIV/0!	# _i DIV/0!	125.00	I

Las normas técnicas complementarias de mampostería, del reglamento de construcción del Distrito Federal, 2004, "NTCM-RCDF-2004", especifica que para morteros tipo I, los especímenes deben de soportar 125kg/cm², especímenes elaborados a base de morteros tipo II 75kg/cm² y para morteros tipo III 40kg/cm², como se observa en la tabla, la mayoría de los especímenes no cumple con lo estipulado por las "NTCM-RCDF-2004", a excepción de algunos como "mezcla 5, lote 2", "mezcla 3, lote 3" y "mezcla 5, lote 3".

3.4 Propiedades de muretes

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de los muretes de prueba, como es el esfuerzo máximo a compresión diagonal, modulo de cortante, modulo de elasticidad y las graficas de esfuerzo-deformación angular comparativas entre los tres proveedores.

Tabla 110.- Esfuerzo máximo, 3 proveedores. Lote 1.

Prov.	Lote	Mezcla	Espécimen				V'm	C.V.	V*m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
			1	2	3	4					
CO	1	1	5.272	7.023	6.646	5.486	6.107	0.141	4.52	3.50	I
		2	4.350	5.168	4.880		4.799	0.086	3.95	2.50	II
		3	4.483	5.655	4.307		4.815	0.152	3.49	2.50	III
		4	5.438	4.538	4.863	4.503	4.836	0.090	3.95	3.50	I
		5	5.624	5.636	4.978		5.413	0.070	4.61	2.50	II
		6	5.102	5.605	2.171		5.354	0.066	4.59	3.50	I
AV	1	1	7.229	9.510	8.500	9.755	8.748	0.131	6.59	3.50	I
		2	10.758	11.340	12.203	13.401	11.926	0.096	9.61	2.50	II
		3	6.382	7.161	6.754	6.079	6.594	0.071	5.60	2.50	III
		4	15.269	14.609	12.500	15.023	14.350	0.088	11.76	3.50	I
		5	11.791	12.916	12.916	11.970	12.398	0.049	11.06	2.50	II
		6	13.143	14.469	16.584	8.141	13.084	0.274	8.72	3.50	I
BQ	1	1	7.229	8.510	8.500	9.755	8.499	0.121	6.52	3.50	I
		2	7.354	8.802	6.937	8.636	7.932	0.117	6.14	2.50	II
		3	6.999	6.962	5.962	6.036	6.490	0.088	5.32	2.50	III
		4	8.217	12.956	9.884	9.876	10.233	0.193	6.90	3.50	I
		5	10.548	11.219	8.579		10.115	0.136	7.55	2.50	II
		6	16.523	10.898	11.684		13.035	0.234	8.69	3.50	I

De acuerdo a las "NTCM-RCDF-2004", nuestros muretes ensayados de lote uno, cumplen, en algunos de los casos muy por arriba de lo establecido de las "NTCM-RCDF-2004", ya que el valor de diseño en todos es de más de 3.5Kg/cm² para el mortero tipo I y más de 2.5Kg/cm² para morteros tipo II y III.

Tabla 111 Esfuerzo máximo, 3 proveedores. Lote 2.

Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				V'm	C.V.	V*m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
			1	2	3	4					
CO	2	1	11.785	16.146	11.646	13.874	13.363	0.158	9.57	3.50	I
		2	13.766	10.837	12.345	11.793	12.185	0.100	9.74	2.50	II
		3	10.277	11.781	11.803		11.287	0.078	9.45	2.50	III
		4	12.205	11.390	10.330	11.350	11.319	0.068	9.68	3.50	I
		5	15.021	12.984	16.293	14.137	14.609	0.096	11.79	2.50	II
		6	8.404	10.423			9.414	0.152	6.83	3.50	I
AV	2	1	13.886	8.530	9.912		10.776	0.258	7.18	3.50	I
		2	6.540	10.578	9.301	9.613	9.008	0.192	6.08	2.50	II
		3	10.775	10.567	10.527	12.068	10.984	0.066	9.42	2.50	III
		4	9.502	12.217	12.459	9.465	10.911	0.151	7.92	3.50	I
		5	13.345	8.360	13.220	14.867	12.448	0.227	8.30	2.50	II
		6	8.684	6.230	10.308	10.572	8.948	0.223	5.97	3.50	I
BQ	2	1	15.250	17.354	14.387	12.809	14.950	0.127	11.35	3.50	I
		2	7.052	6.310	4.603	5.730	5.924	0.175	4.12	2.50	II
		3		11.548	13.498	11.993	12.346	0.083	10.23	2.50	III
		4	13.952	14.631	12.909	11.831	13.331	0.092	10.84	3.50	I
		5	10.027	14.837	12.807	15.808	13.370	0.191	9.05	2.50	II
		6	8.420	6.079	15.858	11.705	10.515	0.404	7.01	3.50	I

Al igual que la tabla 8, en esta todos los especímenes cumplen con lo establecido por las “NTCM-RCDF-2004”.

Tabla 12.- Esfuerzo máximo, 3 proveedores. Lote 3.

Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				V'm	C.V.	V*m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
			1	2	3	4					
CO	3	1	5.011	9.150	5.544		6.568	0.343	4.38	3.50	I
		2	5.244	7.324	6.173	6.626	6.342	0.137	4.72	2.50	II
		3	5.381	8.677	5.453		6.504	0.289	4.34	2.50	III
		4	4.867	9.742	4.716		6.441	0.444	4.29	3.50	I
		5	4.801	4.122	4.372	3.750	4.261	0.104	3.38	2.50	II
		6	10.430	7.698	10.745		9.624	0.174	6.71	3.50	I
AV	3	1	8.296	11.733	7.583	5.038	8.163	0.338	5.44	3.50	I
		2	9.376	4.911	8.962	5.541	7.198	0.319	4.80	2.50	II
		3	8.326	6.189	5.715	2.848	5.770	0.391	3.85	2.50	III
		4	10.445	6.976	5.516	5.145	7.021	0.344	4.68	3.50	I
		5	7.992	8.699	4.845		7.179	0.286	4.79	2.50	II
		6	7.929	9.817	10.345	11.591	9.921	0.153	7.17	3.50	I
BQ	3	1	6.158	7.407	4.846	3.696	5.527	0.291	3.68	3.50	I
		2	5.642	4.825	7.275	5.127	5.717	0.191	3.87	2.50	II
		3	7.723	5.849	5.452		6.341	0.191	4.29	2.50	III
		4	4.638	8.673	7.674		6.995	0.300	4.66	3.50	I
		5	8.896	9.678	4.742		7.772	0.341	5.18	2.50	II
		6	10.572	10.421	11.327	5.664	9.496	0.272	6.33	3.50	I

En la tabla 10 al igual que las tablas 8 y 9, cumplen los especímenes de acuerdo a las “NTCM-RCDF-2004”, aunque los valores de diseño están muy cercanos al valor de la norma podemos atribuir estos valores por la posibilidad de humedad dentro de las piezas.

Tabla 13.- Modulo de cortante, 3 proveedores, lote 1.

Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				G´m	C.V.	G*m	G teórico	Tipo de Mortero
			1	2	3	4					
CO	1	1	13143.08	11137.48	6874.97	8838.40	9998.48	0.27	6665.66	6400.00	1
		2	9031.94	32945.88	5308.30		15762.04	0.95	10508.03	4800.00	2
		3	13415.86	7000.33	12998.39		11138.19	0.32	7425.46	4800.00	3
		4	11154.68	24500.89	7899.73	3652.84	11802.03	0.76	7868.02	6400.00	1
		5	8544.94	6320.50	7067.74		7311.06	0.15	5270.80	4800.00	2
		6	6475.47	4726.54	3079.03		4760.35	0.36	3173.56	6400.00	1
AV	1	1	29007.89	34016.67	33038.35	22660.94	29680.96	0.17	20691.90	6400.00	1
		2	14905.54	20535.21	22225.33	32042.38	22427.12	0.32	14951.41	4800.00	2
		3	29271.76	29192.89	12423.61	22501.50	23347.44	0.34	15564.96	4800.00	3
		4	23037.49	7333.68	16153.21	16544.19	15767.14	0.41	10511.43	6400.00	1
		5	22419.12	15846.62	52181.34	10213.47	25165.14	0.74	16776.76	4800.00	2
		6	16108.90	15303.29	30774.63	55013.58	29300.10	0.63	19533.40	6400.00	1
BQ	1	1	17254.68	20050.59	17056.10	15582.76	17486.03	0.11	13804.61	6400.00	1
		2	7951.09	11468.60	11691.15	54973.11	21520.99	1.04	14347.33	4800.00	2
		3	13924.51	12244.35	14888.03	35781.06	19209.49	0.58	12806.33	4800.00	3
		4	15544.85	9851.81	22650.49	12632.94	15170.02	0.36	10113.35	6400.00	1
		5	15984.01	14671.01	15065.16		15240.06	0.04	13723.33	4800.00	2
		6	12070.76	25403.73	9818.07		15764.19	0.53	10509.46	6400.00	1

El valor de módulo de cortante de los especímenes cumple con el valor teórico, a excepción de la mezcla 6 de Córdor.

Tabla 14.- Modulo de cortante, 3 proveedores, lote 2.

Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				G´m	C.V.	G*m	G teórico	Tipo de Mortero
			1	2	3	4					
CO	2	1	13226.11	38818.21	51720.45	9079.28	28211.01	0.73	18807.34	6400.00	1
		2	10524.07	21273.06	18198.14	36804.24	21699.88	0.51	14466.58	4800.00	2
		3	21482.32	24028.32	14310.67		19940.43	0.25	13293.62	4800.00	3
		4	16107.14	58969.32	13002.61	9113.89	24298.24	0.96	16198.83	6400.00	1
		5	34871.64	19419.67	23171.42	144409.77	55468.12	1.08	36978.75	4800.00	2
		6	5654.99	10417.61			8036.30	0.42	5357.53	6400.00	1
AV	2	1	15718.59	7632.70	14402.75		12584.68	0.34	8389.79	6400.00	1
		2	5136.14	18055.36	9270.77	42357.00	18704.82	0.89	12469.88	4800.00	2
		3	26668.92	35069.82	14722.80	15938.11	23099.91	0.42	15399.94	4800.00	3
		4	9879.64	6220.67	30362.04	24192.17	17663.63	0.65	11775.76	6400.00	1
		5	19150.60	16934.56	7358.55	27809.16	17813.22	0.47	11875.48	4800.00	2
		6	10214.21	24489.18	11772.01	8935.78	13852.79	0.52	9235.20	6400.00	1
BQ	2	1	17394.99	38241.46	26380.59	11204.82	23305.47	0.50	15536.98	6400.00	1
		2	6222.72	26676.31	5560.34	6193.10	11163.12	0.93	7442.08	4800.00	2
		3		28954.45	23840.09	26740.56	26511.70	0.10	21348.38	4800.00	3
		4	97990.64	12926.66	5678.50	12166.33	32190.53	1.37	21460.36	6400.00	1
		5	14279.47	17096.99	15224.46	12880.71	14870.41	0.12	11461.25	4800.00	2
		6	36463.81	7343.83	33991.27	16445.29	23561.05	0.59	15707.37	6400.00	1

Al igual que la tabla 11, todos los especímenes cumplen con el valor mínimo de módulo de cortante establecido por la norma excepto la mezcla 6 de Cóndor.

Tabla 15.- Modulo de cortante, 3 proveedores, lote 3.

Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				G´m	C.V.	G*m	G teórico	Tipo de Mortero
			1	2	3	4					
CO	3	1	17164.45	14207.61	9294.347		13555.4690	0.2933	9036.9793	6400.00	1
		2	14132.63	19434.09	9998.897	10659.56	13556.2943	0.3185	9037.5295	4800.00	2
		3	11171.35	17507.15	16178.06		14952.1867	0.2234	9968.1244	4800.00	3
		4	7585.844	15833.75	36722.35		20047.3147	0.7491	13364.8764	6400.00	1
		5	9013.401	6207.373	6080.964	62133.47	20858.8020	1.3208	13905.8680	4800.00	2
		6	8440.76	12299.44	7658.348		9466.1827	0.2625	6310.7884	6400.00	1
AV	3	1	15939.53	16417.29	8596.033	9257.29	12552.5358	0.3346	8368.3572	6400.00	1
		2	7488.567	53116.34	14481.81	9143.587	21057.5760	1.0248	14038.3840	4800.00	2
		3	21801.84	12956.62	11121.17	6550.257	13107.4718	0.4876	8738.3145	4800.00	3
		4	15639.61	5932.235	10492.63	12332.83	11099.3263	0.3649	7399.5508	6400.00	1
		5	20559.09	14185.88	14080.71		16275.2267	0.2280	10850.1511	4800.00	2
		6	12533.58	9594.248	11496.34	13747.96	11843.0320	0.1485	8636.1827	6400.00	1
BQ	3	1	10178.97	14675.32	46396.99	20117.76	22842.2600	0.7101	15228.1733	6400.00	1
		2	7923.358	9472.214	10065.08	13314.88	10193.8830	0.2225	6795.9220	4800.00	2
		3	30403.67	9065.141	8396.02		15954.9437	0.7845	10636.6291	4800.00	3
		4	5294.372	23163.2	6604.205		11687.2590	0.8522	7791.5060	6400.00	1
		5	16060.5	16436	14840		15778.8333	0.0529	13936.3099	4800.00	2
		6	15962.43	11932.3	18893.2	26323.72	18277.9125	0.3324	12185.2750	6400.00	1

Como se observa en las tablas 11, 12 y 13 de módulo de cortante, en la mezcla 6 del proveedor Cóndor el valor de módulo de cortante es menor al especificado en la norma, esta mezcla es a base de puro cemento y esto puede ser atribuible a que una mezcla de puro cemento tiene menor adherencia que una mezcla que contiene cal, también las piezas de Cóndor presentaban una mala calidad en sus materiales.

- Resistencia a compresión diagonal entre proveedores.

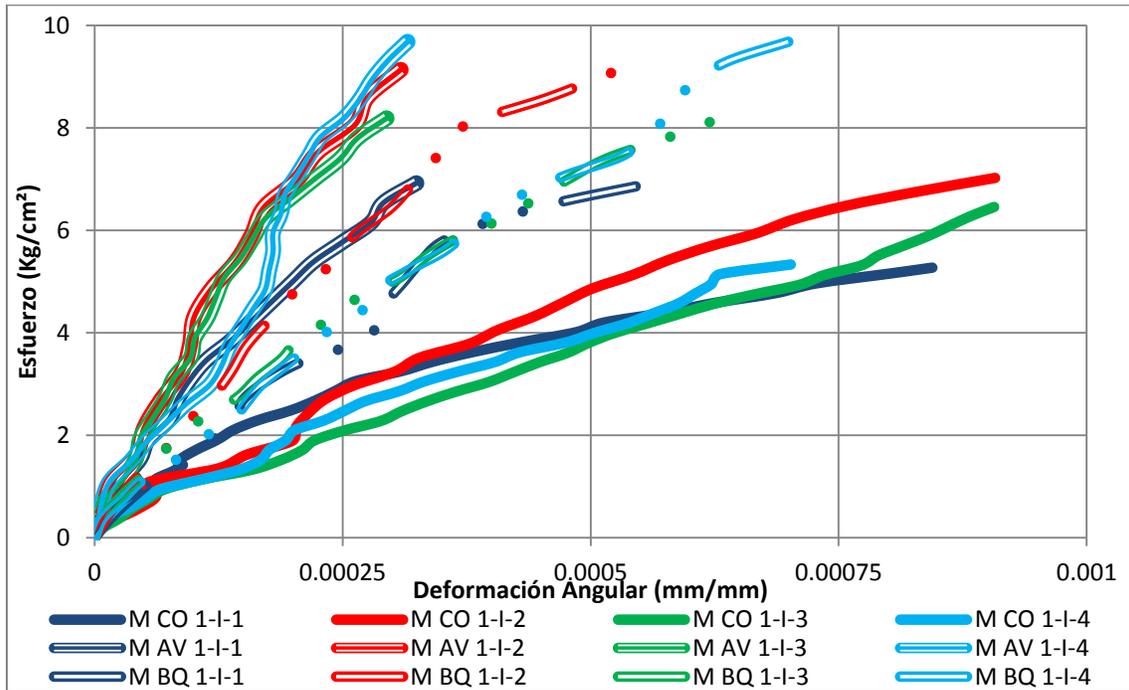


Figura 25.- Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla I.

Podemos observar en la fig. 25 que las pendientes de los especímenes ensayados del proveedor Córdoba (Línea continua), del proveedor Avarza (Línea triple) y del proveedor Bloquera Queretana (Línea punteada), se comportan de una manera similar entre ellas.

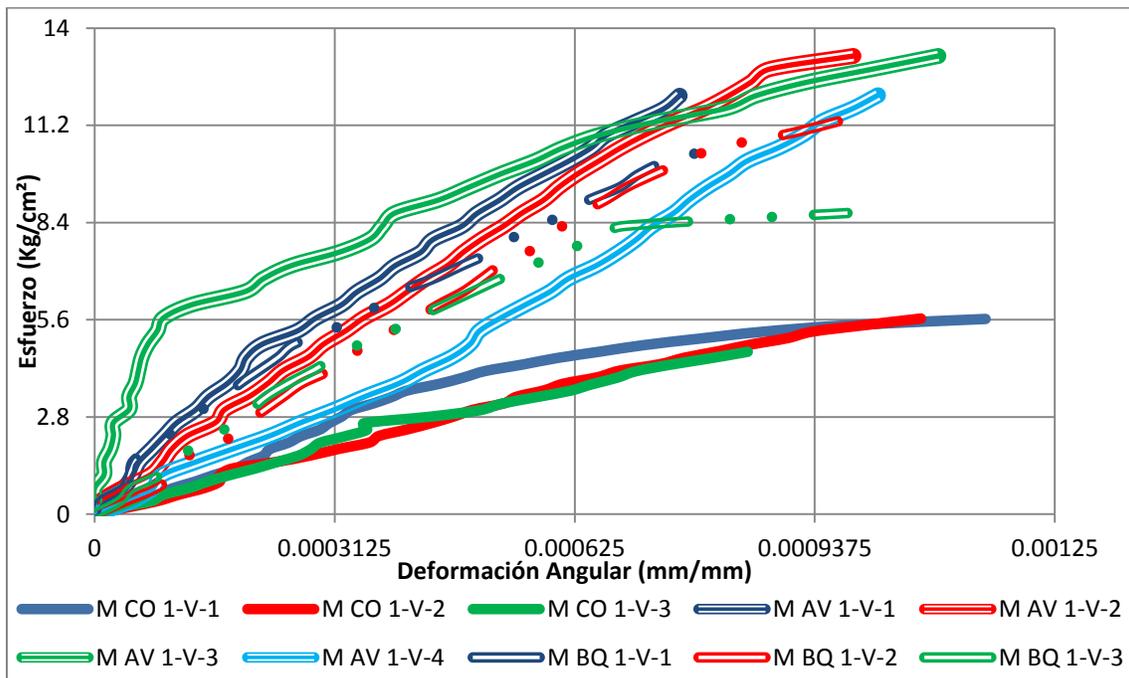


Figura 26 Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla V.

En la figura 26 los especímenes de Cóndor y Bloquera Queretana, presentan una similitud en la pendiente de sus especímenes; Mientras que el proveedor Avarza presenta una ligera variación en la pendiente entre dos de sus especímenes “M AV 1-V-3” Y “M AV 1-AV-4”.

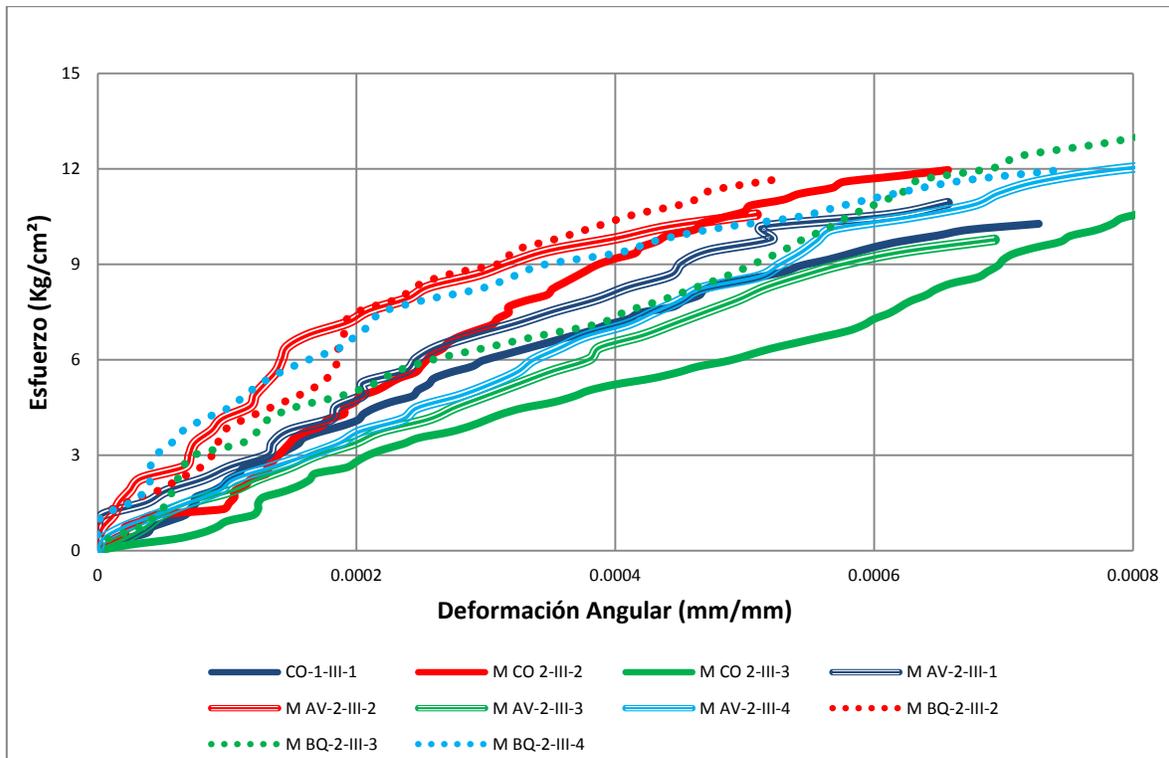


Figura 27.- Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 2, mezcla III.

Aquí podemos observar una pendiente similar entre los especímenes de los tres proveedores.

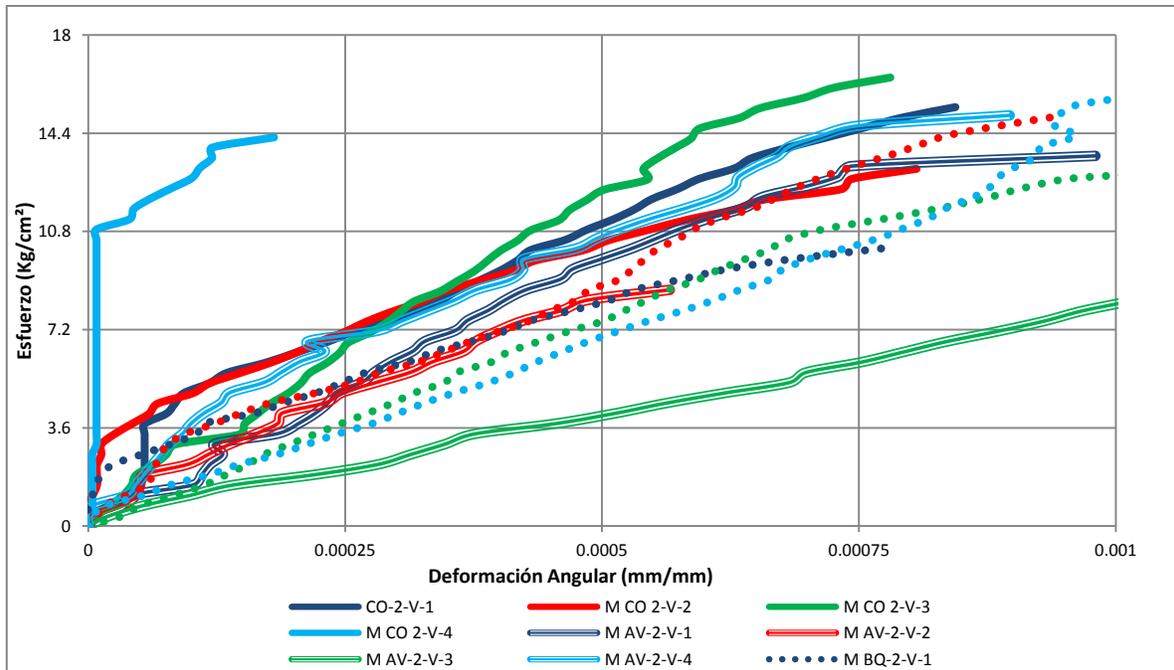


Figura 28.- Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 2, mezcla V.

Al igual que la figura 28, la pendiente entre los especímenes de los proveedores se comporta de una manera similar a excepción del murete “M CO 2-V-4” el cual este puede ser muy probablemente a un error en el micrómetro al momento del ensaye, y “M AV 2-V-3” el cual puede ser probable por un error al momento de aplicar la carga ya sea que se haya aplicado de una manera más lenta que a las demás.

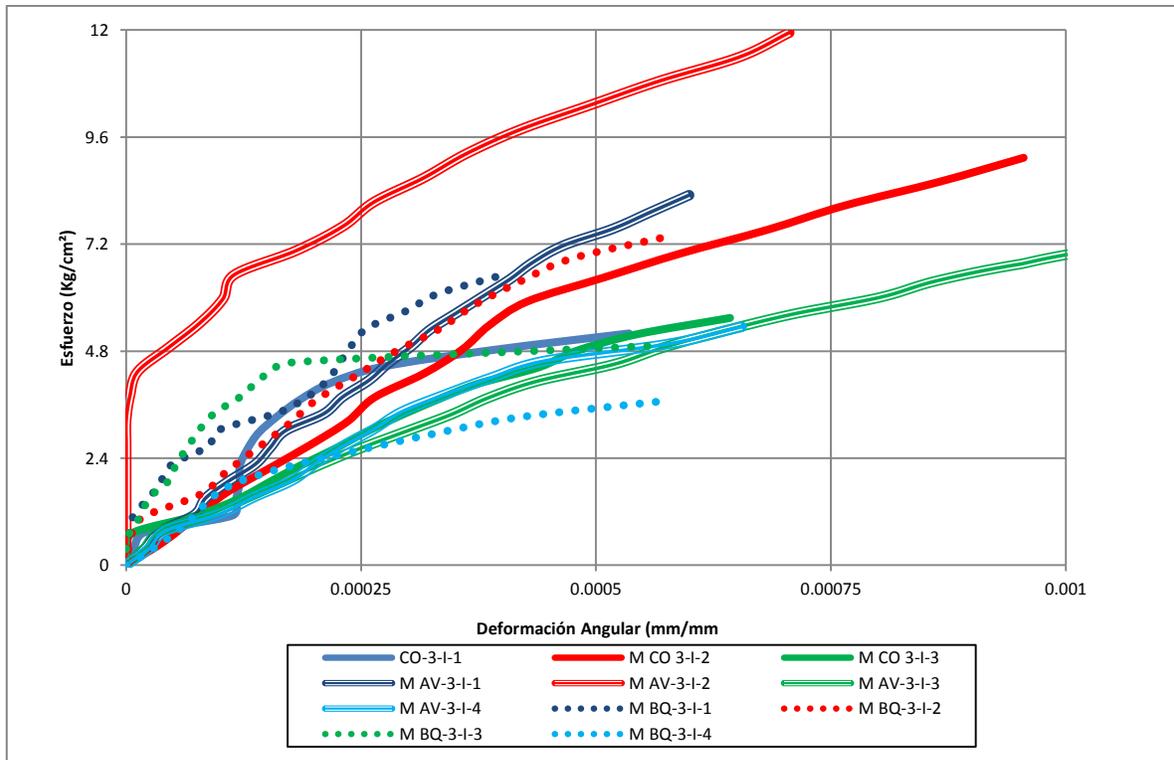


Figura 29.- Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 3, mezcla I



Figura 30.- M BQ II-1-4 Antes de la prueba a compresión diagonal.



Figura 31.- M BQ II-1-4 Después de la prueba a compresión diagonal.

Murete "M BQ 3-I-4" presenta una falla por adherencia probablemente por la humedad contenida dentro del espécimen. La cual puede ser razón a su esfuerzo máximo tan bajo.

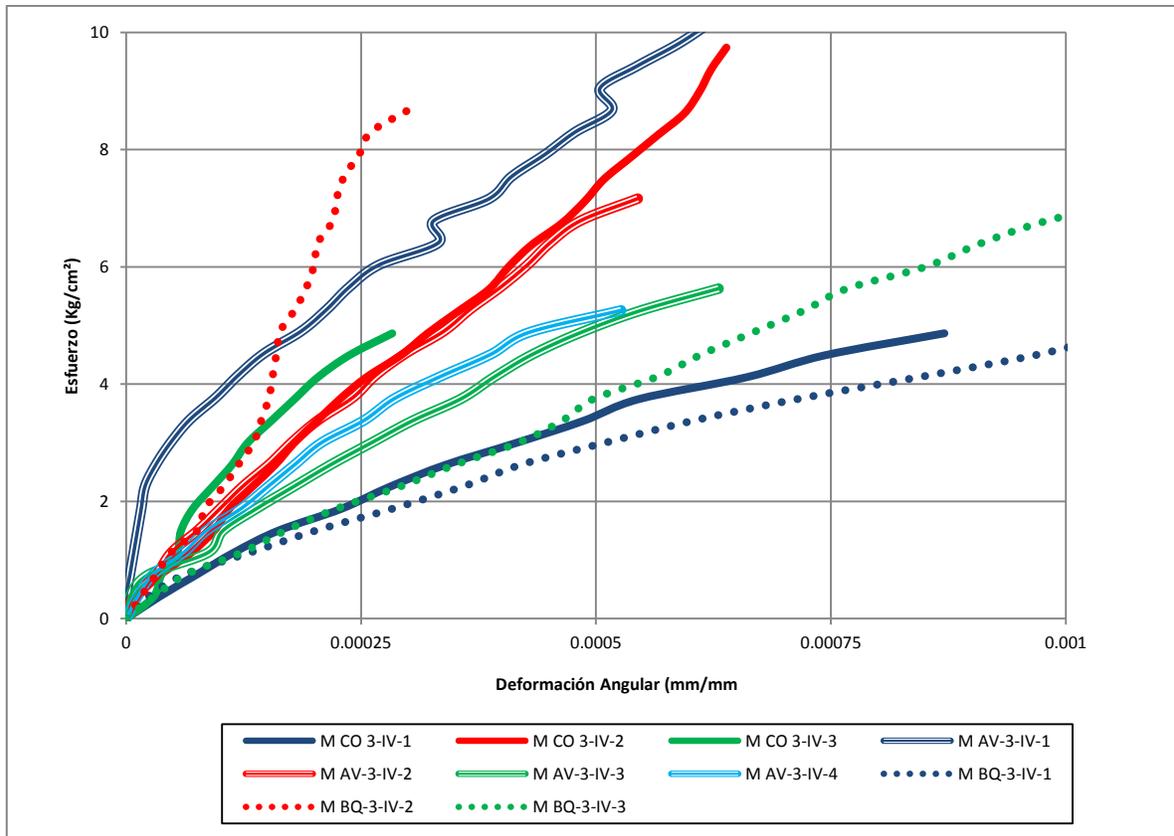


Figura 32.- Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 3, mezcla IV.

Las pendientes de los Muretes “M CO 3-IV-1”, “M CO 3-IV-2” y “M CO 3-IV-3” son muy diferentes y este comportamiento se presenta ya que las piezas del lote 3 de Córdor venían unas de muy buena calidad y otras de muy mala calidad.

“M AV 3-IV-1” presenta una pendiente diferente con respecto a los tres muretes restantes de Avarsa, “M AV 3-IV-2”, “M AV 3-IV-3” y “M AV 3-IV-4”

Al igual que “M BQ 3-IV-2”, presenta una pendiente diferente a “M BQ 3-IV-1” y “M BQ 3-IV-3”.

- Resistencia a compresión entre mezclas.

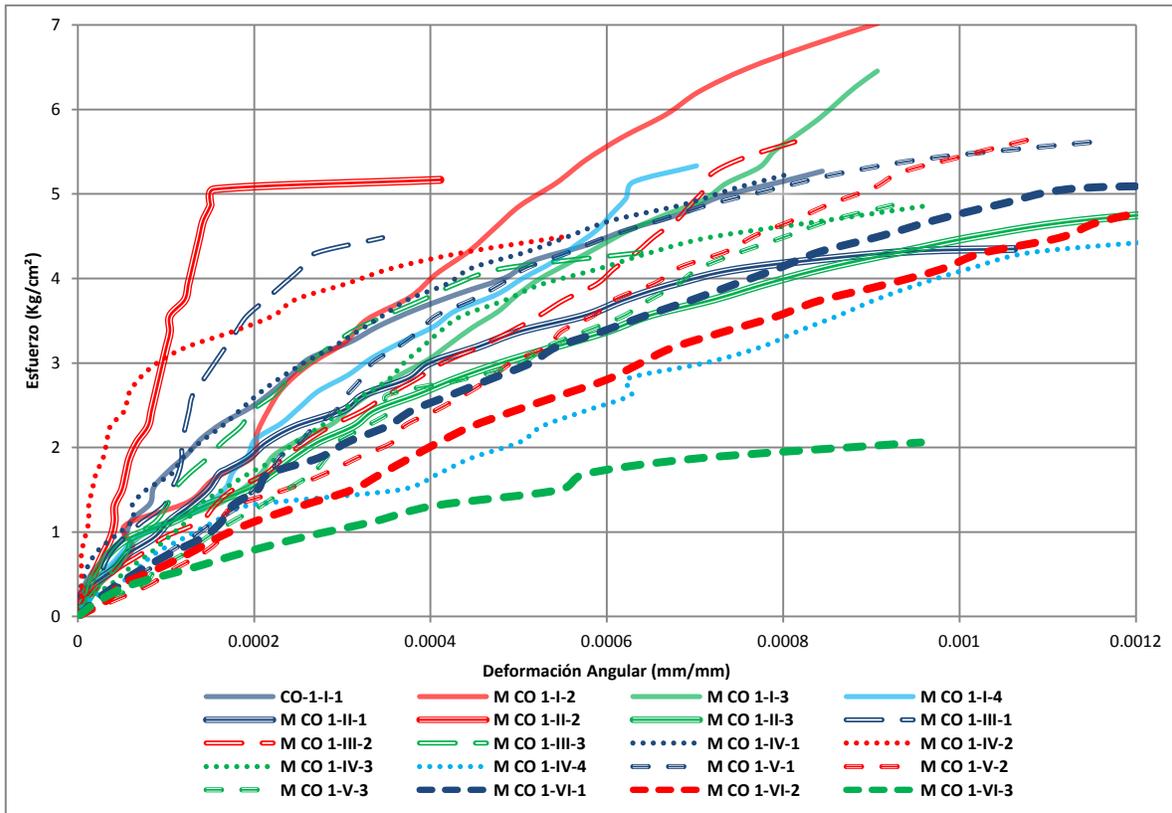


Figura 33.- Gráficas Esfuerzo-deformación Cóndor, lote 1, 6 mezclas.

En la figura 33 se observa una gran diferencia entre las pendientes de los muretes.

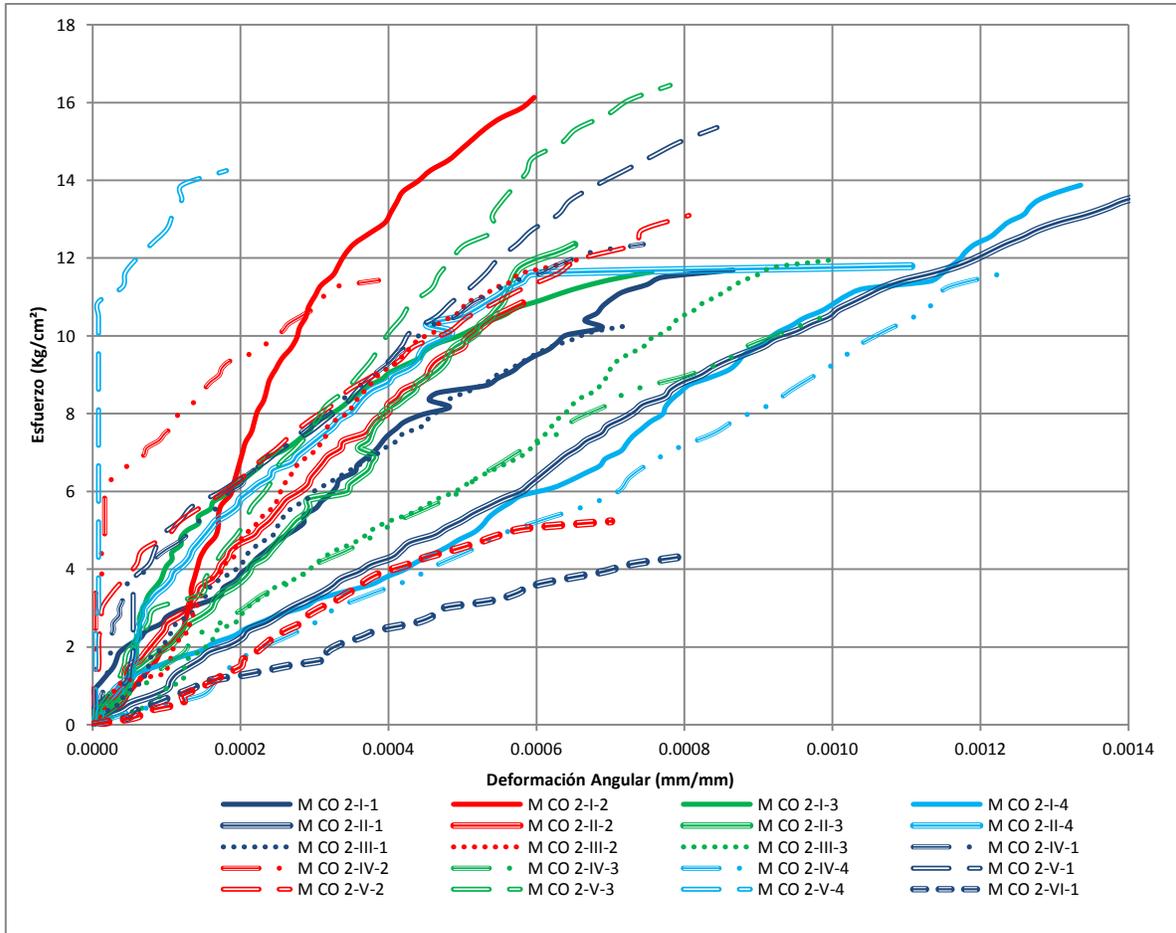


Figura 34.- Gráficas Esfuerzo-deformación Córdor, lote 2, 6 mezclas.



Figura 35.- M CO-2-V-4

Antes de ser ensayado.



Figura 36.- M CO-2-V-4

Después de ser ensayado.

Murete “M CO 2-V-4”, observamos en la gráfica anterior que el comportamiento de su pendiente es muy irregular comparado con el resto de los especímenes, esto podemos atribuirlo a un error en los micrómetros al ensayar el espécimen; y si observamos las fotos, el murete presento una falla por adherencia y por falla por cortante, “una falla combinada”.

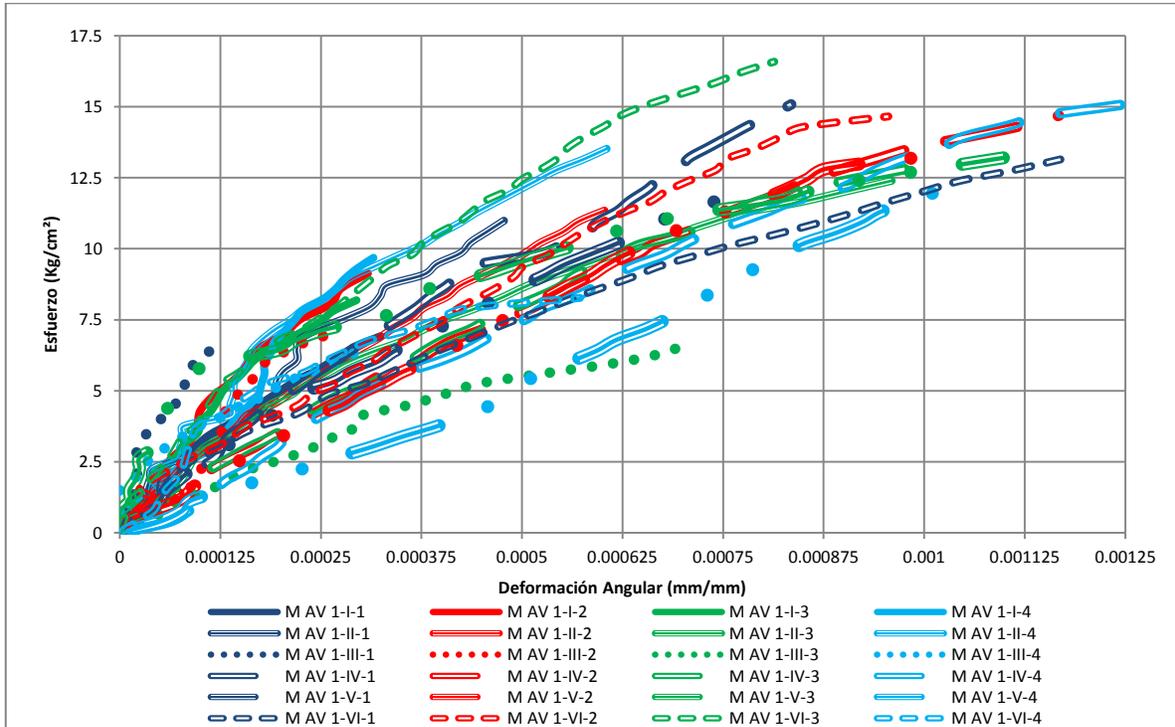


Figura 37.- Gráficas Esfuerzo-deformación Aversa, lote 1, 6 mezclas.

En la figura 37 podemos observar un comportamiento similar entre las pendientes de los especímenes.

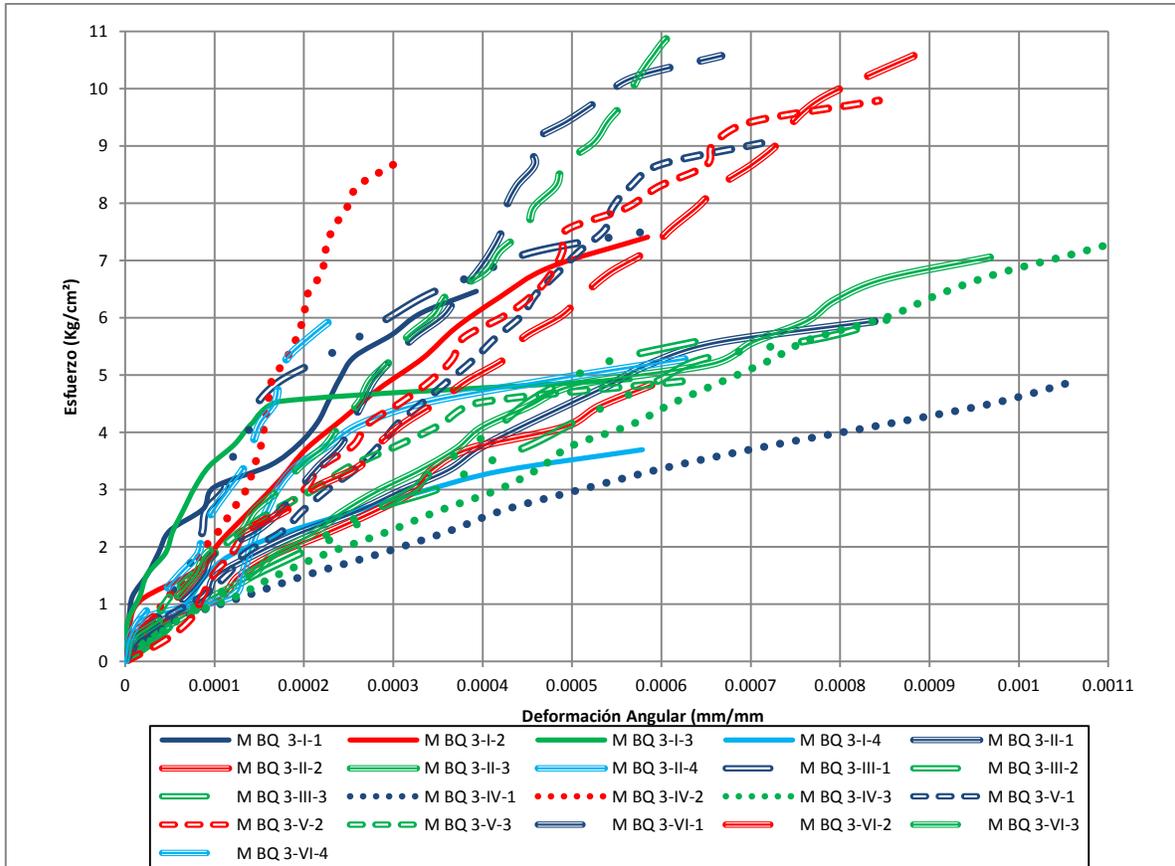


Figura 38.- Gráficas Esfuerzo-deformación Bloquera Queretana, lote 3, 6 mezclas.

En la figura 38 se puede observar un comportamiento variado entre las pendientes de los especímenes.

- Resistencia a compresión diagonal entre lotes.

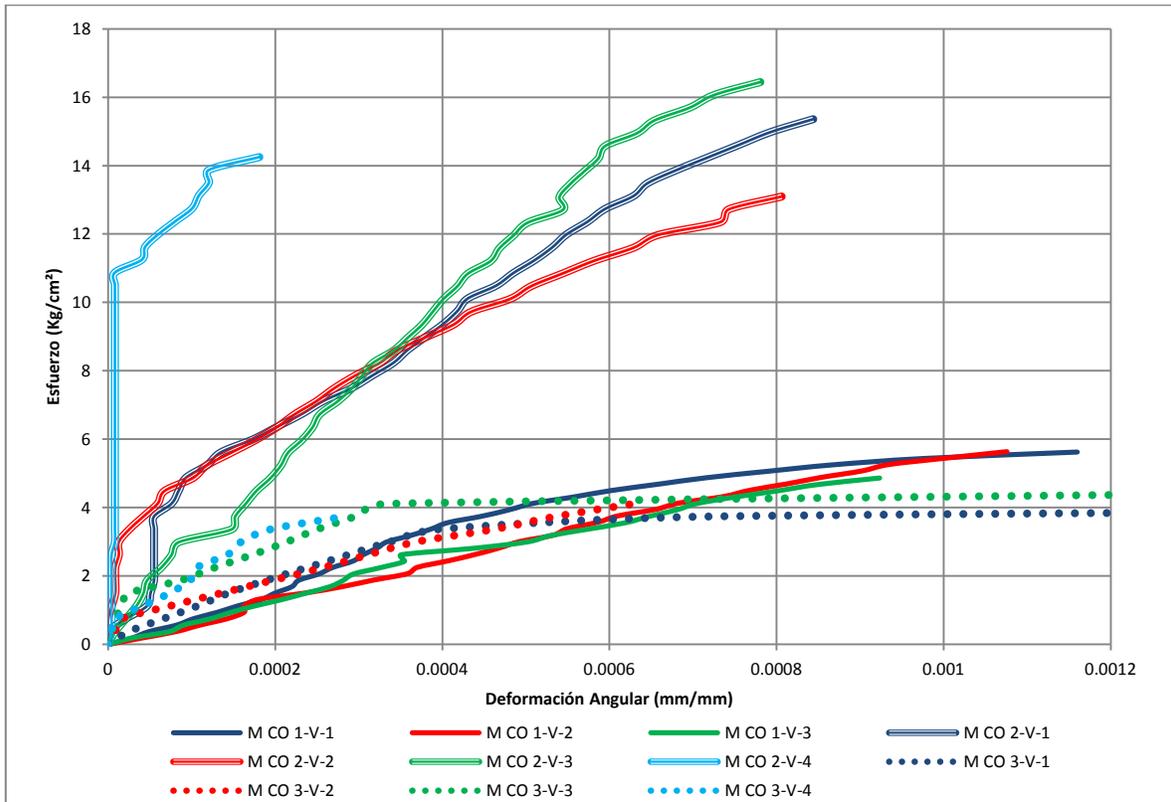


Figura 39.- Gráficas Esfuerzo-deformación Cóndor, 3 lotes, mezcla V.

En la figura 39 se observa como las pendientes de los especímenes que son de un mismo lote se comportan de manera muy similar, es decir tienen una misma tendencia en relación a su esfuerzo y su deformación.

El único que presenta una pendiente diferente a sus similares del lote 2 es el murete “M CO 2-V-4” este comportamiento se debe al un error a la hora de ensayar en los micrómetros, ya que en ese espécimen no se presentó deformación en los micrómetros hasta casi terminado el ensaye.

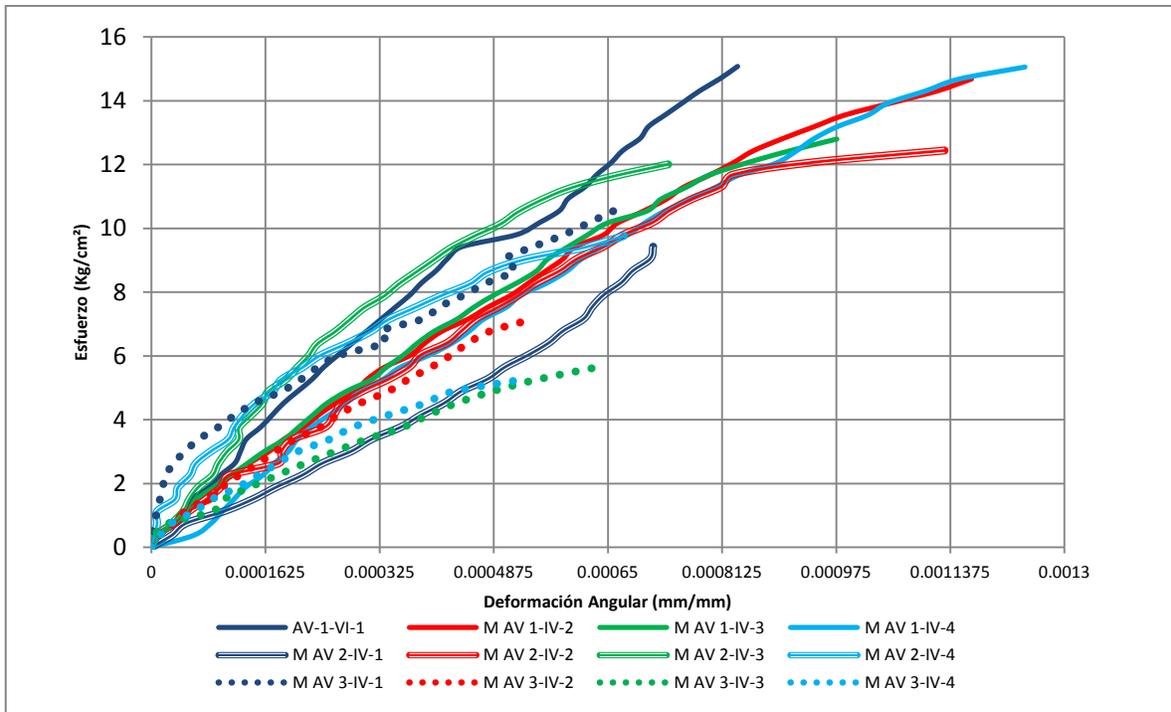


Figura 40.- Gráficas Esfuerzo-deformación Avarsa, 3 lotes, mezcla IV.

En esta gráfica podemos observar como los especímenes a pesar de que son de diferente lote su pendiente se comporta de una manera similar entre ellos, aquí con esto podemos corroborar que este proveedor “Avarza”, tiene un proceso de calidad constante en cuanto a la elección de materiales para elaborar las pieza y en si elaboración.

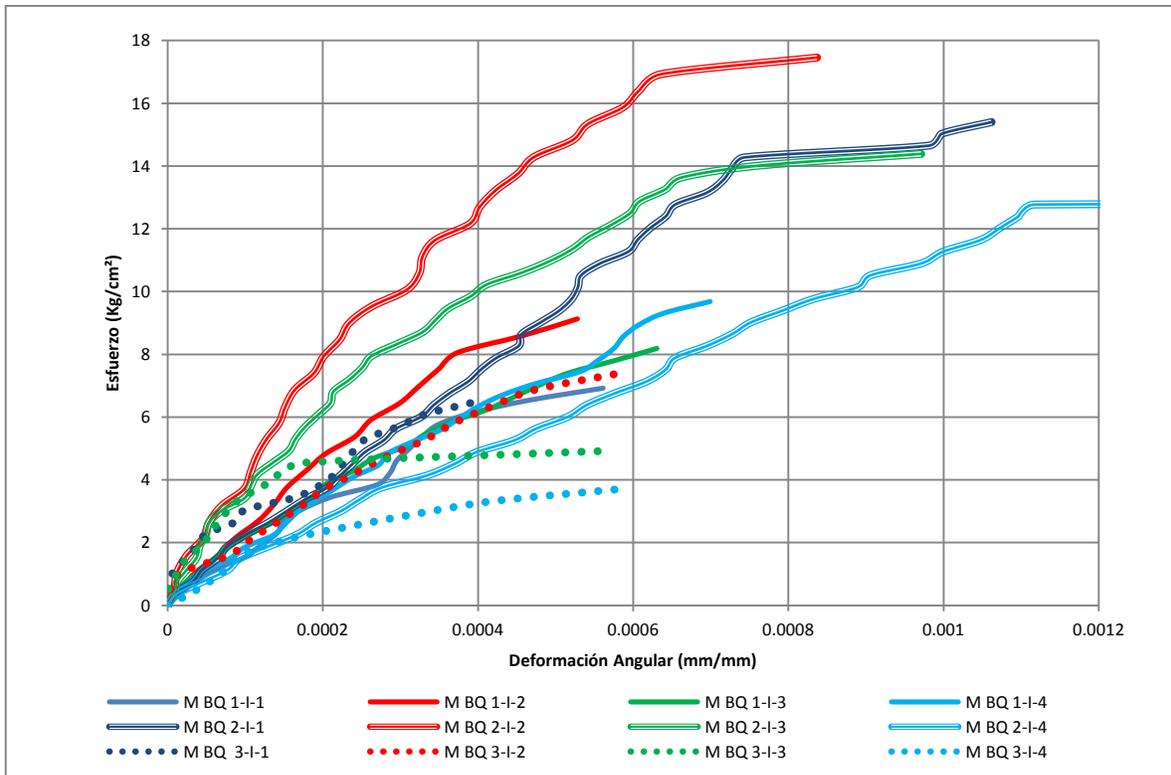


Figura 41.- Gráficas Esfuerzo-deformación Bloquera Queretana, 3 lotes, mezcla I.

En esta gráfica podemos observar como la pendiente de los especímenes que pertenecen a un mismo lote se comportan de una manera similar, y podemos observar como los muretes “M VQ 2-I-1”, “M VQ 2-I-2”, “M VQ 2-I-3” y “M VQ 2-I-4” llegaron a un esfuerzo máximo alto con respecto a los demás especímenes del lote uno y tres.

- Grafica de esfuerzo máximo.

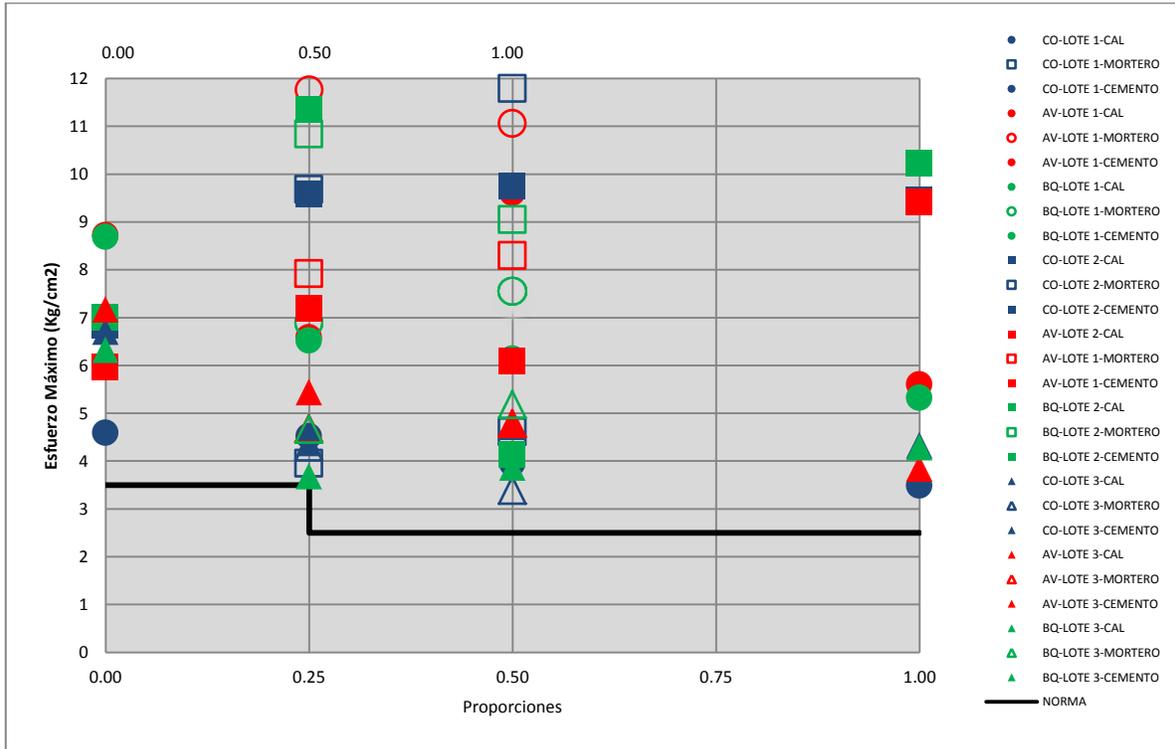


Figura 42.- Gráfica de Esfuerzo Máximo.

Como podemos observar en la gráfica las “NTCM-RCDF-2004” nos pide un valor mínimo de 3.5kg/cm² para morteros “tipo I” y un valor mínimo de 2.5kg/cm² para morteros “tipo II” y “tipo III” (línea negra), todos los especímenes cumplen con estos valores mínimos de la norma.

Tabla 16.- Cóndor, tres lotes.

Proveedor	Lote	Mezcla	Mortero		Pieza		Em	V*m	Gm	Tipo de mortero	
			f*j	f*p	f*p	f*p					
			Exp	Teórico	Exp	Teórico					
Co	1	1	53.99	125	50.61	100	16000	4.52	6665.66	I	
		2	60.52	75	50.61	100	12000	3.95	10508.03	II	
		3	31.78	40	50.61	100	12000	3.49	7425.46	III	
		4	27.16	125	50.61	100	16000	3.95	7868.02	I	
		5	62.34	75	50.61	100	12000	4.61	5270.8	II	
		6	86.87	125	50.61	100	16000	4.59	3173.56	I	
	2	1			125	50.61	100	16000	9.57	18807.34	I
		2			75	50.61	100	12000	9.74	14466.58	II
		3			40	50.61	100	12000	9.45	13293.62	III
		4	82.73	125	50.61	100	16000	9.68	16198.83	I	
		5	109.74	75	50.61	100	12000	11.79	36978.75	II	
		6	110.44	125	50.61	100	16000	6.83	5357.53	I	
	3	1			125	50.61	100	16000	4.38	9036.97	I
		2			75	50.61	100	12000	4.72	9037.53	II
		3	61.18	40	50.61	100	12000	4.34	9968.12	III	
		4	92.27	125	50.61	100	16000	4.29	13364.188	I	
		5	90.74	75	50.61	100	12000	3.38	13905.87	II	
		6		125	50.61	100	16000	6.71	6310.79	I	

Tabla 17.- Avarza, tres lotes.

Proveedor	Lote	Mezcla	Mortero		Pieza		Em	V*m	Gm	Tipo de mortero	
			f*j	f*p	f*p	f*p					
			Exp	Teórico	Exp	Teórico					
Av	1	1	53.99	125	34.54	100	16000	6.59	20691.9	I	
		2	60.52	75	34.54	100	12000	9.61	14951.51	II	
		3	31.78	40	34.54	100	12000	5.6	15564.96	III	
		4	27.16	125	34.54	100	16000	11.76	10511.43	I	
		5	62.34	75	34.54	100	12000	11.06	16774.76	II	
		6	86.87	125	34.54	100	16000	8.72	19533.4	I	
	2	1			125	34.54	100	16000	7.18	8389.79	I
		2			75	34.54	100	12000	6.08	12469.88	II
		3			40	34.54	100	12000	9.42	15399.94	III
		4	82.73	125	34.54	100	16000	7.92	11775.76	I	
		5	109.74	75	34.54	100	12000	8.3	11875.48	II	
		6	110.44	125	34.54	100	16000	5.97	9235.2	I	
	3	1			125	34.54	100	16000	5.44	8368.36	I
		2			75	34.54	100	12000	4.8	14038.39	II
		3	61.18	40	34.54	100	12000	3.85	8738.31	III	
		4	92.27	125	34.54	100	16000	4.68	7399.55	I	
		5	90.74	75	34.54	100	12000	4.79	10850.15	II	
		6		125	34.54	100	16000	7.17	8636.18	I	

Tabla 18.- Bloquera Queretana, tres lotes.

Proveedor	Lote	Mezcla	Mortero		Pieza		Em	V*m	Gm	Tipo de mortero	
			f*j	f*p	f*p	f*p					
			Exp	Teórico	Exp	Teórico					
BQ	1	1	53.99	125	55.75	100	16000	6.52	13804.61	I	
		2	60.52	75	55.75	100	12000	6.14	14347.33	II	
		3	31.78	40	55.75	100	12000	5.32	12806.33	III	
		4	27.16	125	55.75	100	16000	6.9	10113.35	I	
		5	62.34	75	55.75	100	12000	7.55	13725.33	II	
		6	86.87	125	55.75	100	16000	8.69	10509.46	I	
	2	1			125	55.75	100	16000	11.35	15536.98	I
		2			75	55.75	100	12000	4.12	7442.08	II
		3			40	55.75	100	12000	10.23	21348.38	III
		4	82.73	125	55.75	100	16000	10.84	21460.36	I	
		5	109.74	75	55.75	100	12000	9.05	11461.25	II	
		6	110.44	125	55.75	100	16000	7.01	15707.37	I	
	3	1			125	55.75	100	16000	3.68	15228.17	I
		2			75	55.75	100	12000	3.87	6795.92	II
		3	61.18	40	55.75	100	12000	4.29	10636.62	III	
		4	92.27	125	55.75	100	16000	4.66	7791.51	I	
		5	90.74	75	55.75	100	12000	5.18	13936.3	II	
		6		125	55.75	100	16000	6.33	12185.27	I	

No se puede apreciar una influencia importante de la resistencia del mortero en la resistencia en conjunto de muretes.

5. Conclusiones

Ninguna de las piezas de los fabricantes alcanza el valor sugerido por las “NTCM-RCDF-2004” (60kg/cm²), esto se debe a que en la norma específica “piezas macizas de concreto pesado” con un peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco de 1700kg/m³, en estas pruebas se usaron “Piezas macizas de concreto ligero”. Ya que en estas últimas se sustituye la arena por arenilla en su elaboración, por lo tanto es más porosa la pieza y por esto tiene menor resistencia a la compresión.

Después del ensaye de muretes de los tres fabricantes “Cóndor, Avarza y Bloquera Queretana”, Se observó que Avarza es el que mejor control de calidad tiene, ya que las piezas de los tres lotes muestreados tuvieron resistencias similares y en el comportamiento de muretes se observó que las pendientes de las gráficas “esfuerzo cortante-Deformación angular” no tenían variaciones importantes, además de que tenían rigideces altas y esfuerzos máximos considerablemente altos.

A pesar de que las piezas por si solas no cumplían con la resistencia mínima establecida por las “NTCM-RCDF-2004”, en conjunto, las piezas y el mortero de pega, tuvieron un comportamiento superior al estipulado por la norma en “mortero tipo I”, “Mortero tipo II” y “Mortero tipo III”. La norma establece que un mortero “tipo I” debe soportar como mínimo 3.5Kg/cm² y en un mortero “tipo II y III”, debe obtener un valor mínimo de 2.5Kg/cm², se puede observar en la gráfica 1.14 de esfuerzo Máximo, que todos los especímenes cumplen los valores mínimos ya que se obtuvieron valores entre 3.68 Kg/cm², hasta 11.76Kg/cm² en mortero “tipo I” y valores 3.38Kg/cm² y 11.79kg/cm² para morteros “tipo II y III.”

El módulo de cortante obtenido en los ensayos en su mayoría fue superior al teórico marcado por las “NTCM-RCDF-2004”, 6400kg/cm² para morteros “tipo I”, y de 4800kg/cm² para morteros “tipo II” y “tipo III. A excepción de la mezcla 6 de Cóndor, en los tres lotes se observó que no obtuvo el valor mínimo, En general se pudo observar mucha variación con respecto al módulo de cortante, posiblemente atribuible a la forma de realización de las pruebas o a la interacción de las piezas con el mortero de, (adherencia). Ya que la mezcla tipo 6 constaba de una mezcla a base de puro cemento y la falta de cal en la mezcla hace que este tipo de mezcla sea de menor adherencia que una que si contiene cal.

En virtud de que no existen en Querétaro Normas Técnicas Complementarias “NTC”, al igual que en muchos de los estados de la república, se utilizan de referencia las “NTCM-RCDF-2004”, a pesar de que son exclusivas para los materiales del Distrito Federal, Es aceptable utilizar los valores considerados en estas normas para los bloques de concreto ligero en la ciudad de Querétaro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

NTC-RCDF2004. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.

Víctor Ramírez, Christian Saavedra y Ángel San Bartolomé, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Pontificia Universidad católica del Perú. Ensayos de carga lateral en muros con bloques de concreto vibrado-efectos del refuerzo

P. Alarcón-Chaires, S.M. Alcocer. "Repercusión de las características mecánicas de la mampostería en el diseño sísmico. 1997.

Rubén Ramírez Jiménez, "Estudio del comportamiento mecánico de la mampostería no reforzada en compresión y bajo tensión diagonal.

NMX-C-404-ONNCCE

NMX-C-061-ONNCCE

NMX-C-464-ONNCCE-2010

APENDICE A

CALCULO DE LAS PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERIA

Tabla 27.- Propiedades de la mamposteria, calculo de esfuerzo máximo Lote 1.

Esfuerzo Máximo													
Especimen													
Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				V'm	Desv. Est.	C.V.	Condicional	V*m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
			1	2	3	4							
CO	1	1	5.272	7.023	6.646	5.486	6.107	0.859	0.141	0.141	4.52	3.50	I
		2	4.350	5.168	4.880		4.799	0.415	0.086	0.086	3.95	2.50	II
		3	4.483	5.655	4.307		4.815	0.733	0.152	0.152	3.49	2.50	III
		4	5.438	4.538	4.863	4.503	4.836	0.433	0.090	0.090	3.95	3.50	I
		5	5.624	5.636	4.978		5.413	0.377	0.070	0.070	4.61	2.50	II
		6	5.102	5.605	2.171		5.354	0.355	0.066	0.066	4.59	3.50	I
AV	1	1	7.229	9.510	8.500	9.755	8.748	1.150	0.131	0.131	6.59	3.50	I
		2	10.758	11.340	12.203	13.401	11.926	1.149	0.096	0.096	9.61	2.50	II
		3	6.382	7.161	6.754	6.079	6.594	0.468	0.071	0.071	5.60	2.50	III
		4	15.269	14.609	12.500	15.023	14.350	1.263	0.088	0.088	11.76	3.50	I
		5	11.791	12.916	12.916	11.970	12.398	0.602	0.049	0.049	11.06	2.50	II
		6	13.143	14.469	16.584	8.141	13.084	3.587	0.274	0.200	8.72	3.50	I
BQ	1	1	7.229	8.510	8.500	9.755	8.499	1.032	0.121	0.121	6.52	3.50	I
		2	7.354	8.802	6.937	8.636	7.932	0.927	0.117	0.117	6.14	2.50	II
		3	6.999	6.962	5.962	6.036	6.490	0.568	0.088	0.088	5.32	2.50	III
		4	8.217	12.956	9.884	9.876	10.233	1.978	0.193	0.193	6.90	3.50	I
		5	10.548	11.219	8.579		10.115	1.372	0.136	0.136	7.55	2.50	II
		6	16.523	10.898	11.684		13.035	3.046	0.234	0.200	8.69	3.50	I

Tabla 28.- Propiedades de la mampostería, cálculo de esfuerzo máximo Lote 2.

Esfuerzo Máximo													
Especimen													
Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				V'm	Desv. Est.	C.V.	Condicional	V*m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
			1	2	3	4							
CO	2	1	11.785	16.146	11.646	13.874	13.363	2.117	0.158	0.158	9.57	3.50	I
		2	13.766	10.837	12.345	11.793	12.185	1.224	0.100	0.100	9.74	2.50	II
		3	10.277	11.781	11.803		11.287	0.875	0.078	0.078	9.45	2.50	III
		4	12.205	11.390	10.330	11.350	11.319	0.768	0.068	0.068	9.68	3.50	I
		5	15.021	12.984	16.293	14.137	14.609	1.399	0.096	0.096	11.79	2.50	II
		6	8.404	10.423			9.414	1.428	0.152	0.152	6.83	3.50	I
AV	2	1	13.886	8.530	9.912		10.776	2.780	0.258	0.200	7.18	3.50	I
		2	6.540	10.578	9.301	9.613	9.008	1.733	0.192	0.192	6.08	2.50	II
		3	10.775	10.567	10.527	12.068	10.984	0.730	0.066	0.066	9.42	2.50	III
		4	9.502	12.217	12.459	9.465	10.911	1.651	0.151	0.151	7.92	3.50	I
		5	13.345	8.360	13.220	14.867	12.448	2.826	0.227	0.200	8.30	2.50	II
		6	8.684	6.230	10.308	10.572	8.948	1.995	0.223	0.200	5.97	3.50	I
BQ	2	1	15.250	17.354	14.387	12.809	14.950	1.895	0.127	0.127	11.35	3.50	I
		2	7.052	6.310	4.603	5.730	5.924	1.034	0.175	0.175	4.12	2.50	II
		3		11.548	13.498	11.993	12.346	1.022	0.083	0.083	10.23	2.50	III
		4	13.952	14.631	12.909	11.831	13.331	1.225	0.092	0.092	10.84	3.50	I
		5	10.027	14.837	12.807	15.808	13.370	2.555	0.191	0.191	9.05	2.50	II
		6	8.420	6.079	15.858	11.705	10.515	4.244	0.404	0.200	7.01	3.50	I

Tabla 29.- Propiedades de la mampostería, cálculo de esfuerzo máximo Lote 3.

Esfuerzo Máximo													
Especimen													
Prov.	Lote	Mezcla	Especimen				V'm	Desv. Est.	C.V.	Condicional	V*m	Valor de Norma	Tipo de Mortero
			1	2	3	4							
CO	3	1	5.011	9.150	5.544		6.568	2.251	0.343	0.200	4.38	3.50	I
		2	5.244	7.324	6.173	6.626	6.342	0.872	0.137	0.137	4.72	2.50	II
		3	5.381	8.677	5.453		6.504	1.882	0.289	0.200	4.34	2.50	III
		4	4.867	9.742	4.716		6.441	2.859	0.444	0.200	4.29	3.50	I
		5	4.801	4.122	4.372	3.750	4.261	0.441	0.104	0.104	3.38	2.50	II
		6	10.430	7.698	10.745		9.624	1.676	0.174	0.174	6.71	3.50	I
AV	3	1	8.296	11.733	7.583	5.038	8.163	2.760	0.338	0.200	5.44	3.50	I
		2	9.376	4.911	8.962	5.541	7.198	2.297	0.319	0.200	4.80	2.50	II
		3	8.326	6.189	5.715	2.848	5.770	2.255	0.391	0.200	3.85	2.50	III
		4	10.445	6.976	5.516	5.145	7.021	2.416	0.344	0.200	4.68	3.50	I
		5	7.992	8.699	4.845		7.179	2.052	0.286	0.200	4.79	2.50	II
		6	7.929	9.817	10.345	11.591	9.921	1.522	0.153	0.153	7.17	3.50	I
BQ	3	1	6.158	7.407	4.846	3.696	5.527	1.607	0.291	0.200	3.68	3.50	I
		2	5.642	4.825	7.275	5.127	5.717	1.092	0.191	0.191	3.87	2.50	II
		3	7.723	5.849	5.452		6.341	1.213	0.191	0.191	4.29	2.50	III
		4	4.638	8.673	7.674		6.995	2.101	0.300	0.200	4.66	3.50	I
		5	8.896	9.678	4.742		7.772	2.653	0.341	0.200	5.18	2.50	II
		6	10.572	10.421	11.327	5.664	9.496	2.585	0.272	0.200	6.33	3.50	I

APENDICE B

GRAFICAS DE ESFUERZO DEFORMACION DE MURETES

En este apartado se visualizan las gráficas de comportamiento de los especímenes ensayados a compresión diagonal. Se presentan las gráficas esfuerzo cortante-deformación angular para muretes de mampostería.

B.1. Muretes de mampostería.

Proveedor: Bloquera Queretana

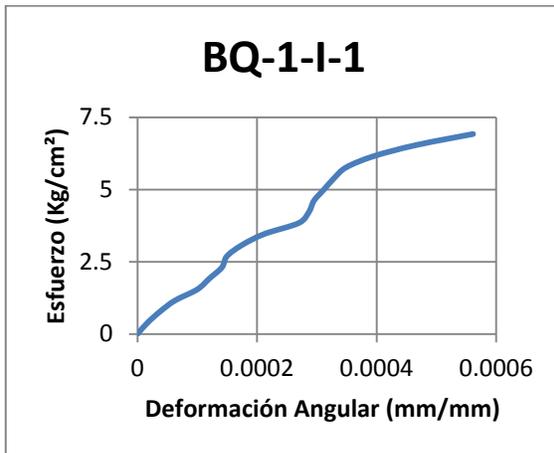


Figura 43 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-I-1

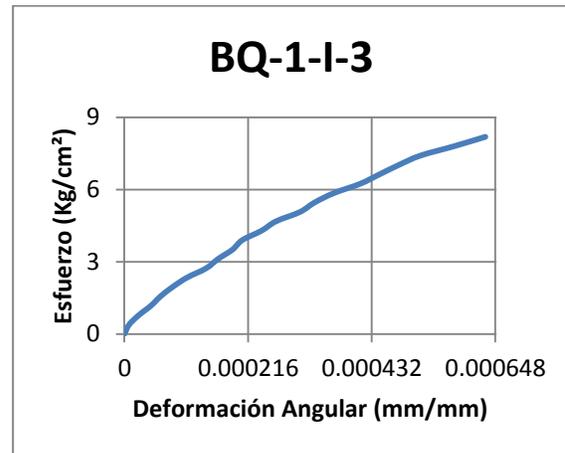


Figura 45 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-I-3

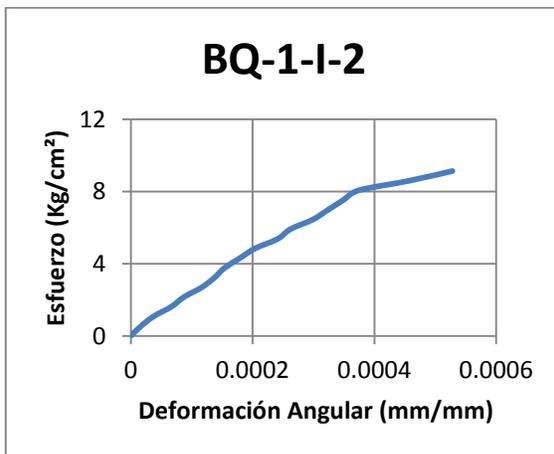


Figura 44 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-I-2

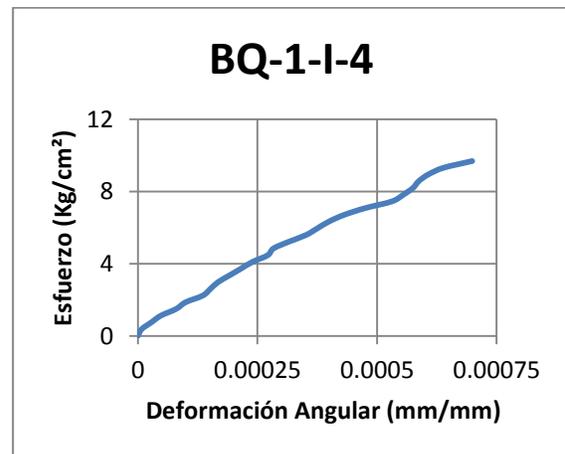


Figura 46 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-I-4

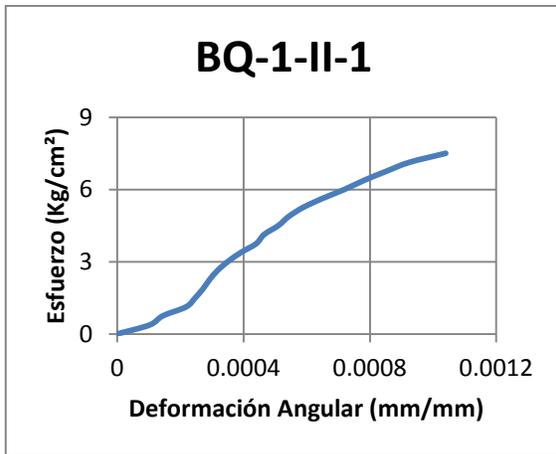


Figura 47 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-II-1

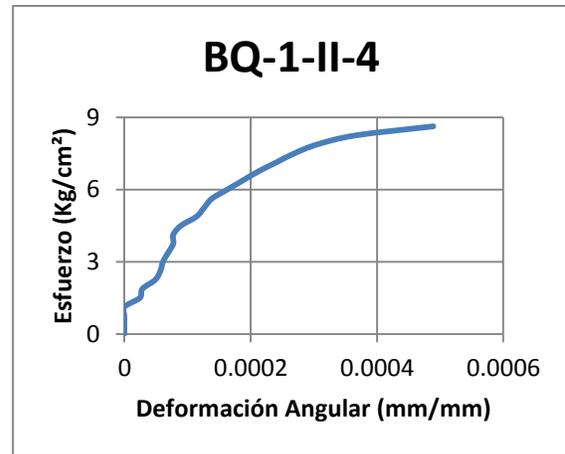


Figura 50 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-II-4

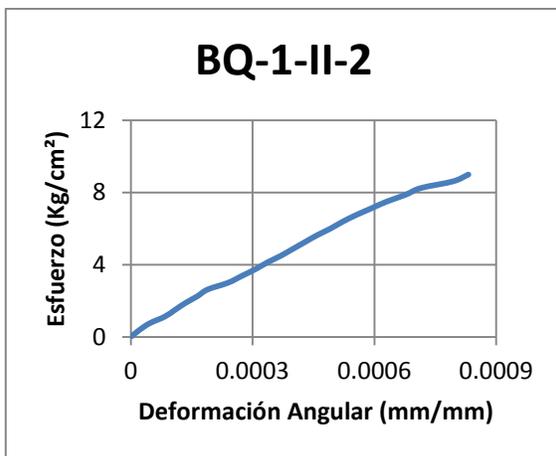


Figura 48 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-II-2

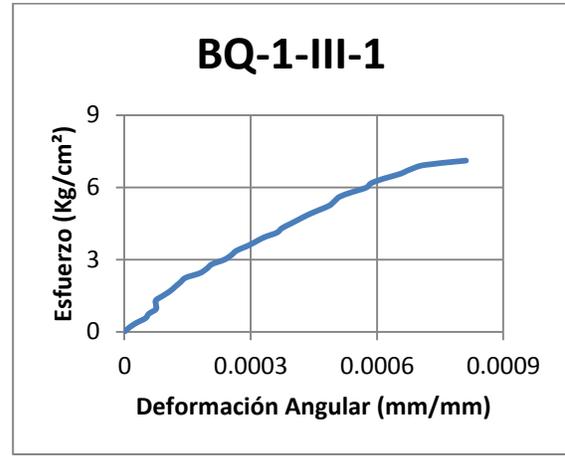


Figura 51 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-III-1

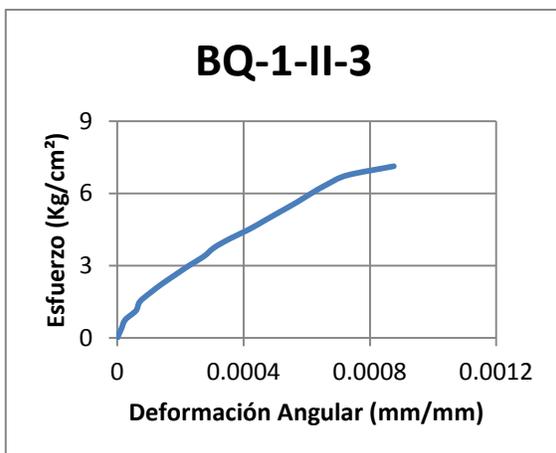


Figura 49 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-II-3

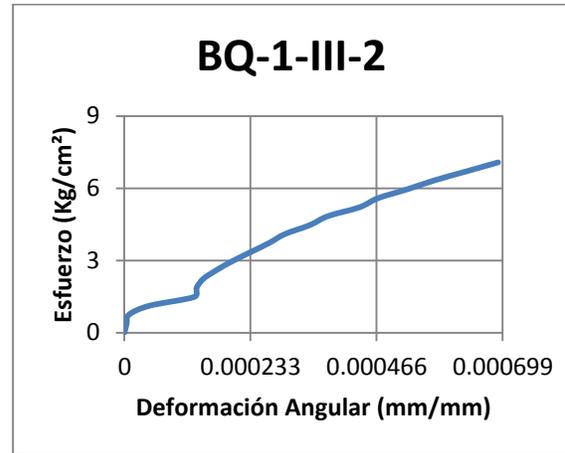


Figura 52 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-III-2

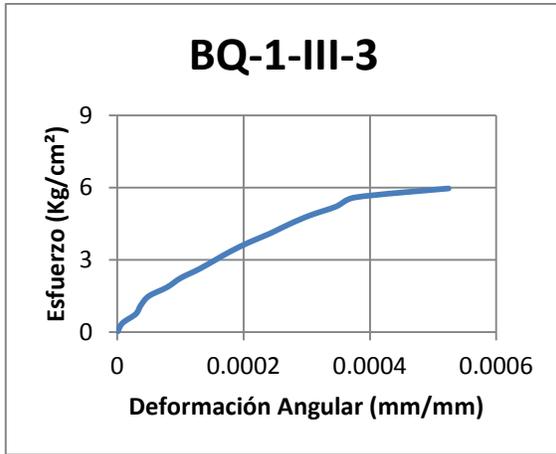


Figura 53 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-III-3

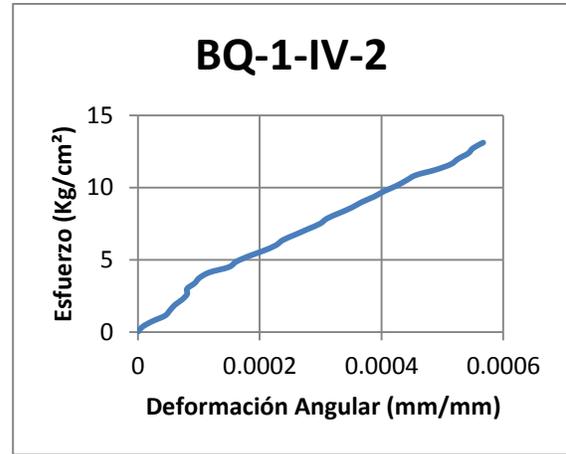


Figura 56 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-IV-2

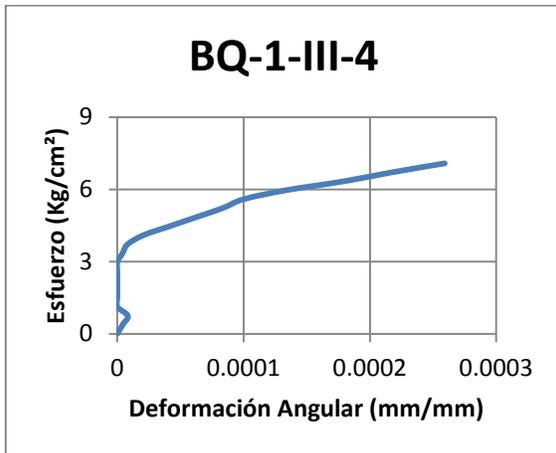


Figura 54 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-III-4

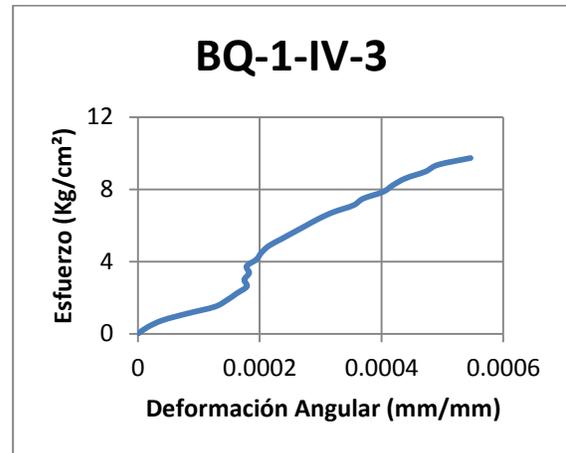


Figura 57 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-IV-3

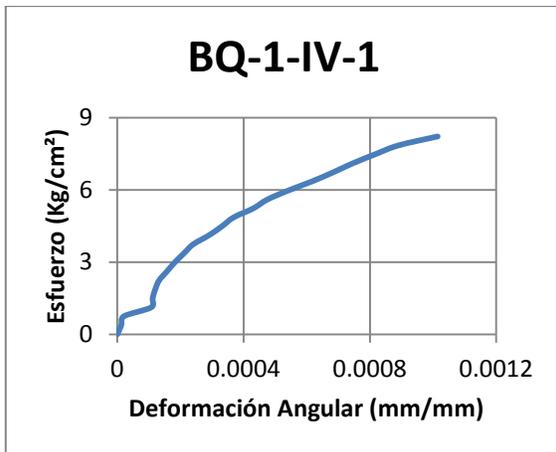


Figura 55 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-IV-1

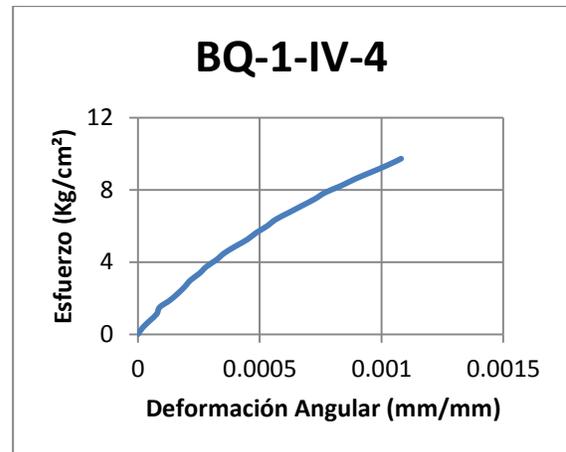


Figura 58 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-IV-4

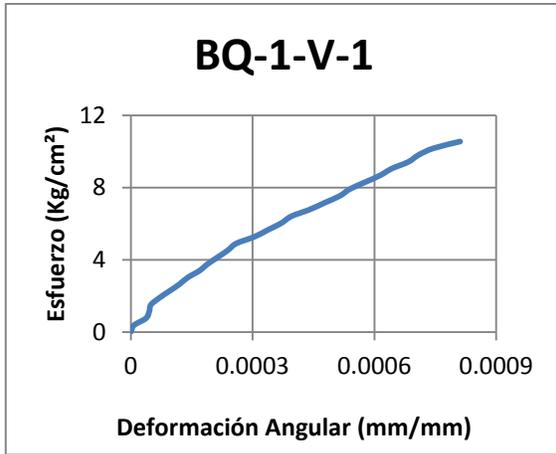


Figura 59 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-V-1

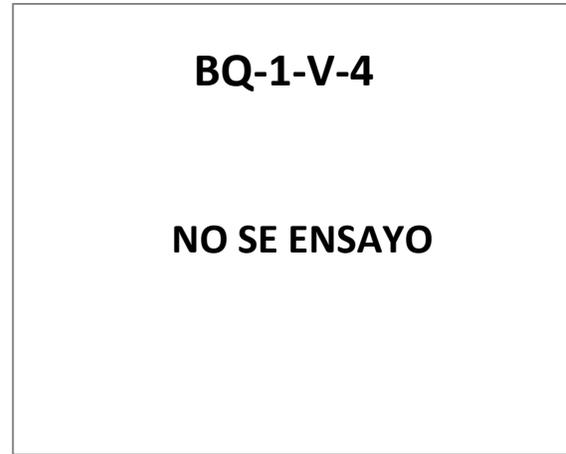


Figura 62 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-V-4

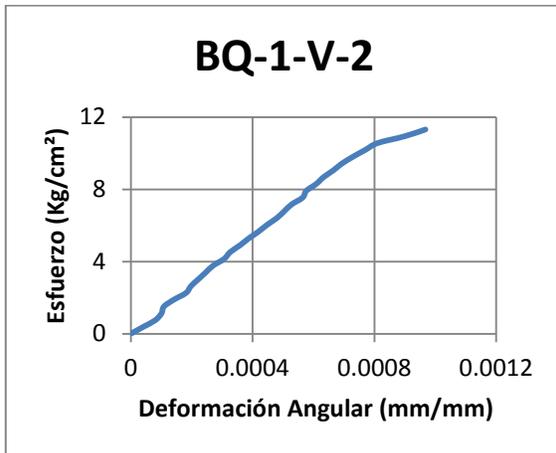


Figura 60 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-V-2

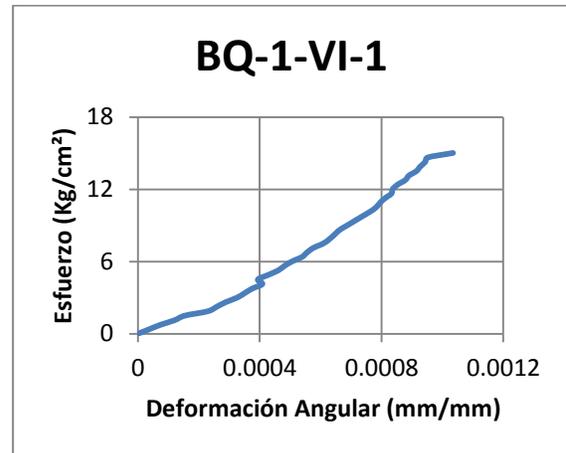


Figura 63 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-VI-1

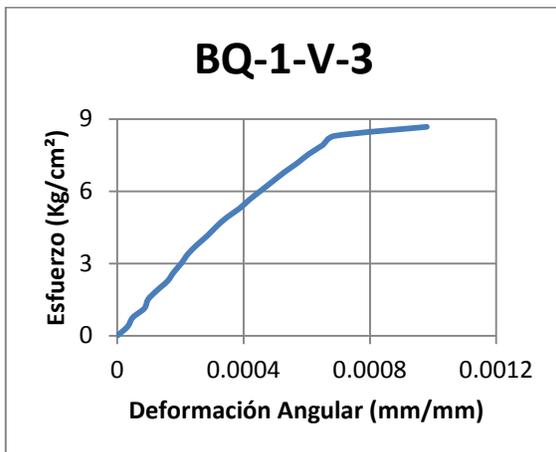


Figura 61 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-V-3

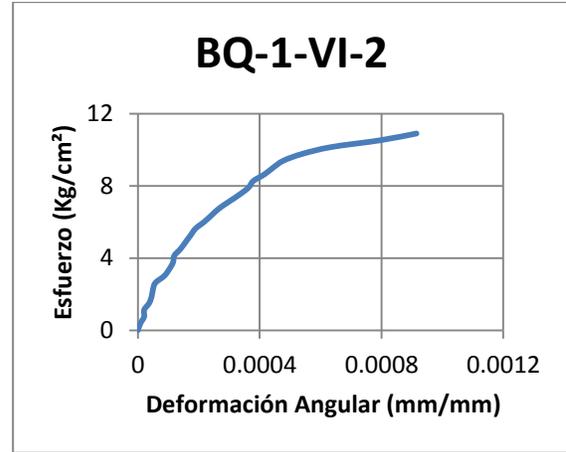


Figura 64 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-VI-2

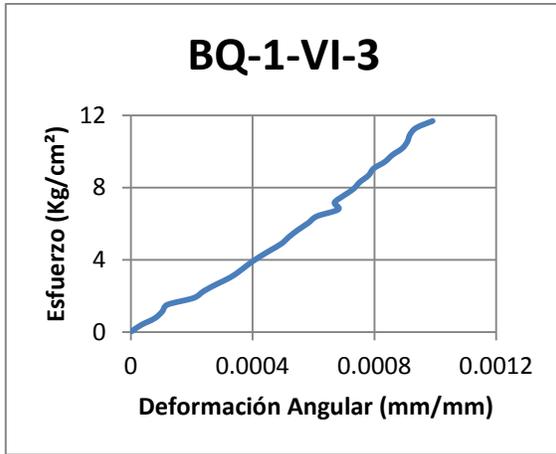


Figura 65 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-VI-3

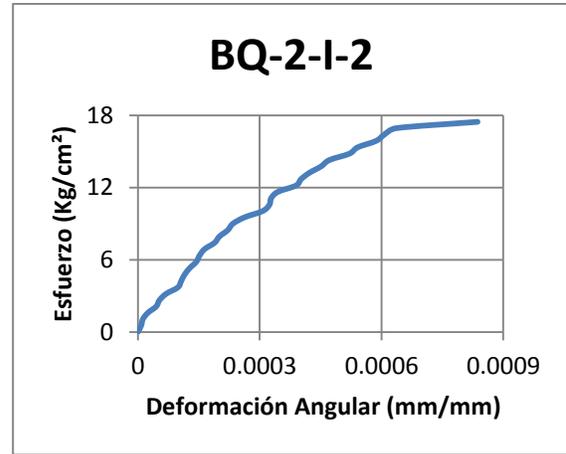


Figura 68 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-I-2

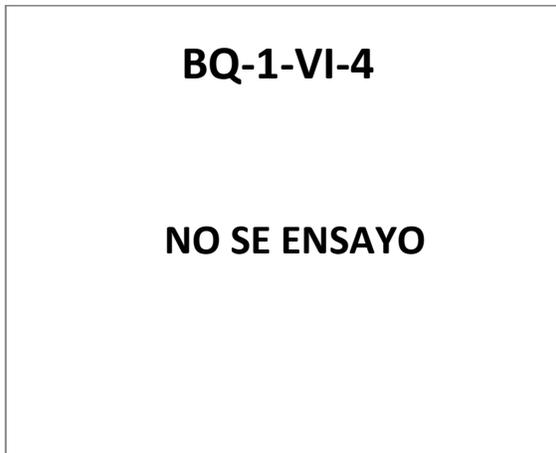


Figura 66 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ1-VI-4

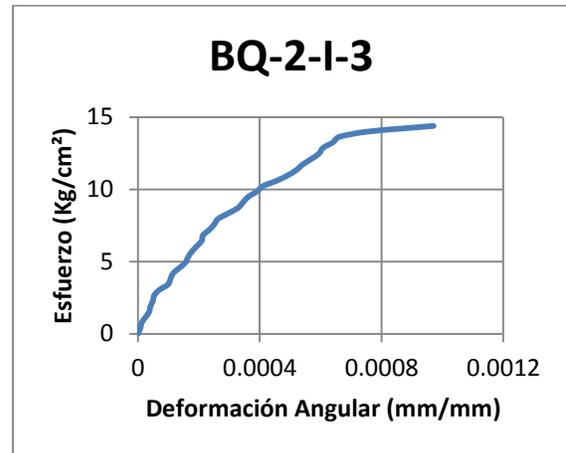


Figura 69 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-I-3

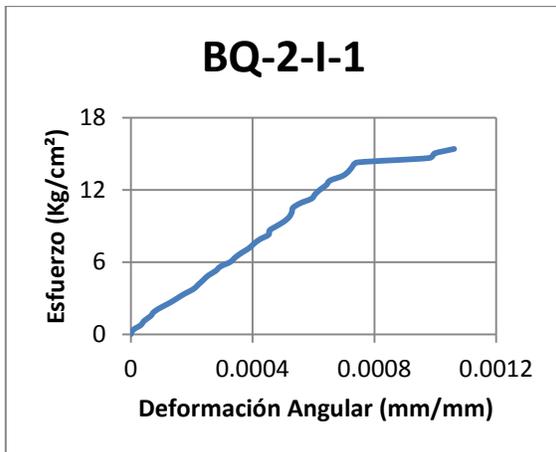


Figura 67 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-I-1

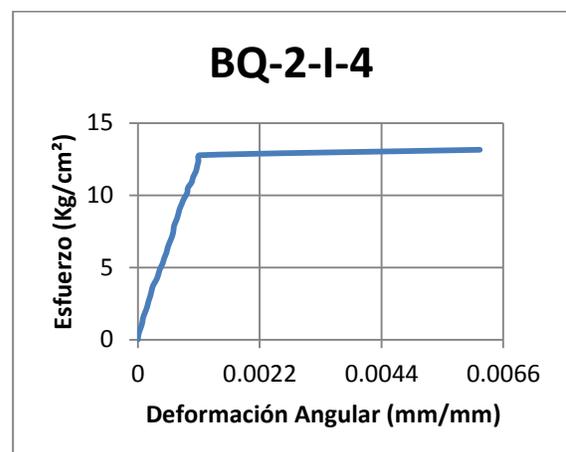


Figura 70 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-I-4

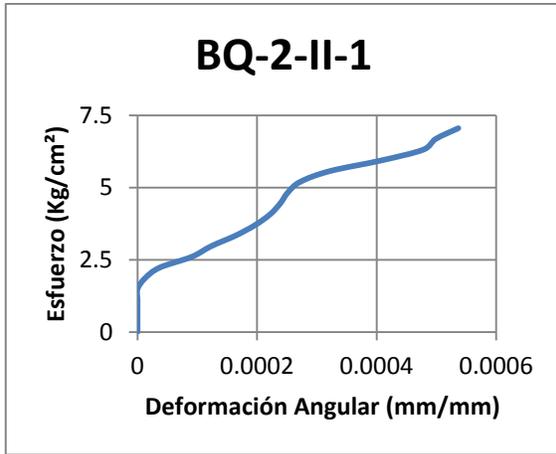


Figura 71 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-II-1

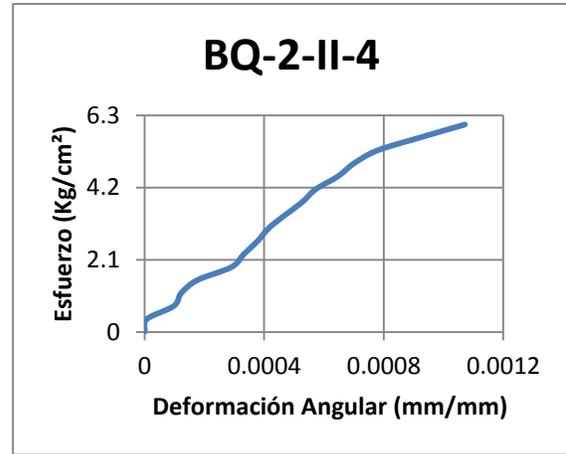


Figura 74 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-II-4

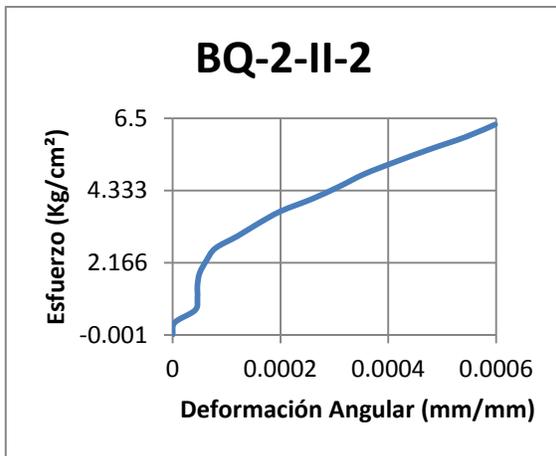


Figura 72 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-II-2

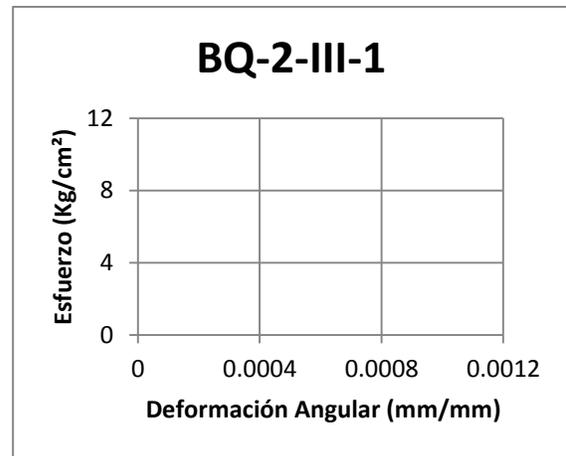


Figura 75 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-III-1

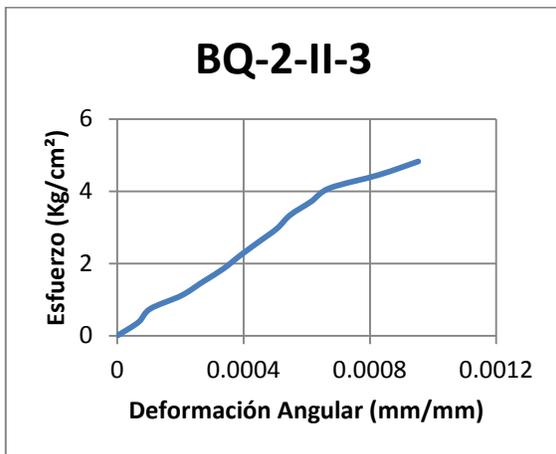


Figura 73 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-II-3

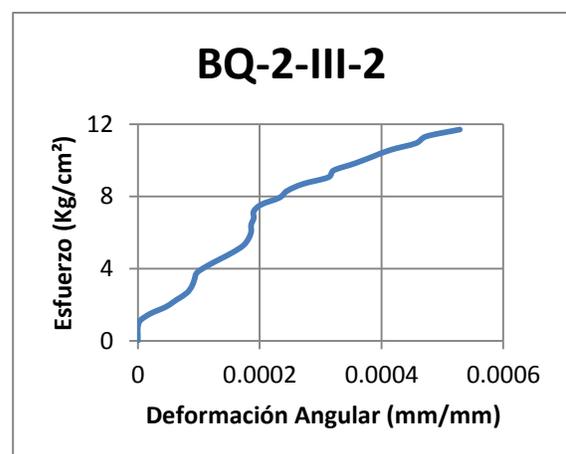


Figura 76 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-III-2

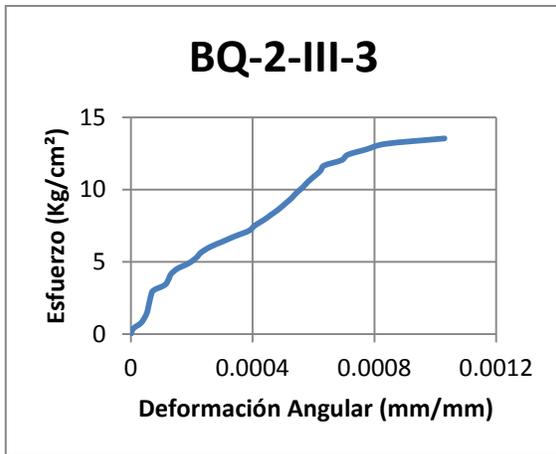


Figura 77 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-III-3

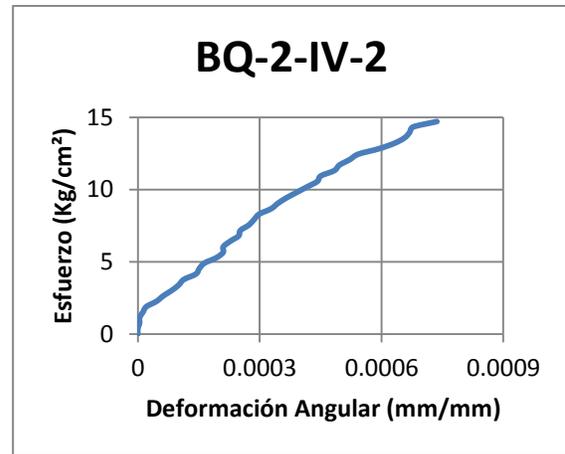


Figura 80 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-IV-2

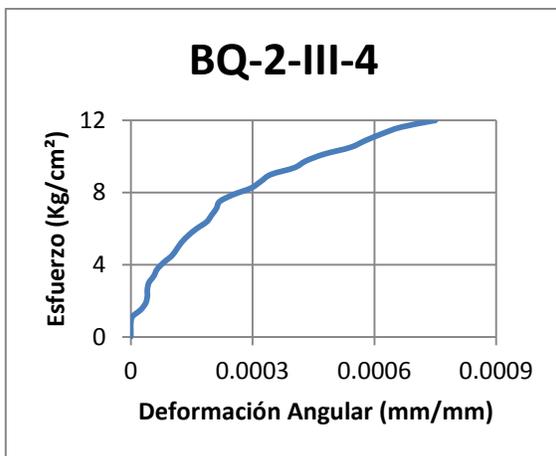


Figura 78 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-III-4

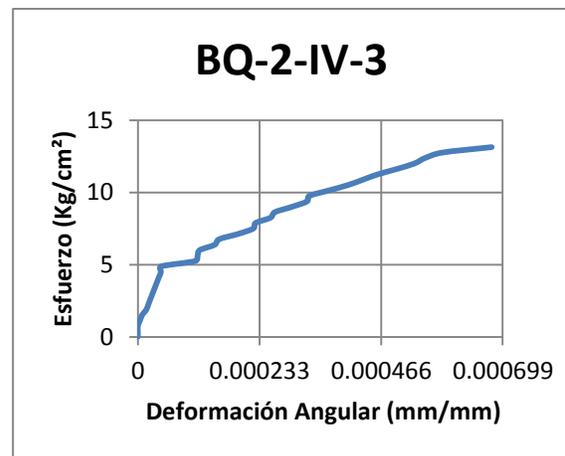


Figura 81 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-IV-3

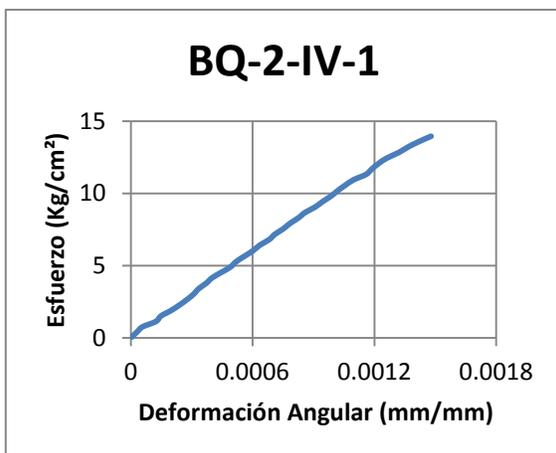


Figura 79 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-IV-1

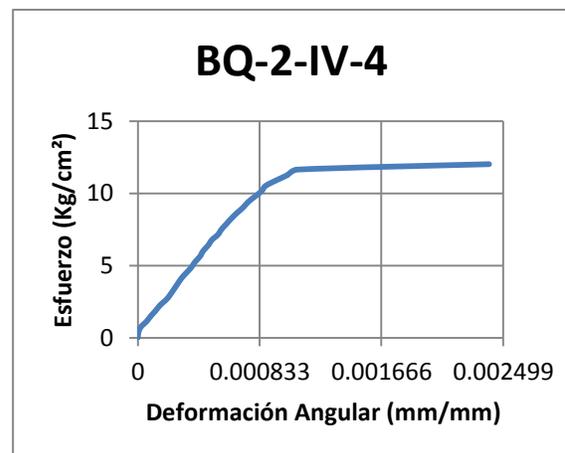


Figura 82 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-IV-4

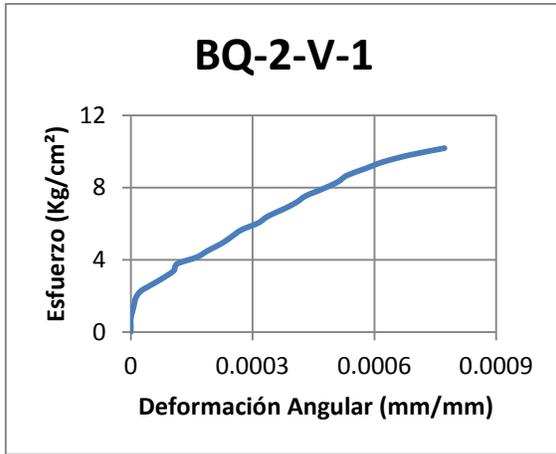


Figura 83 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-V-1

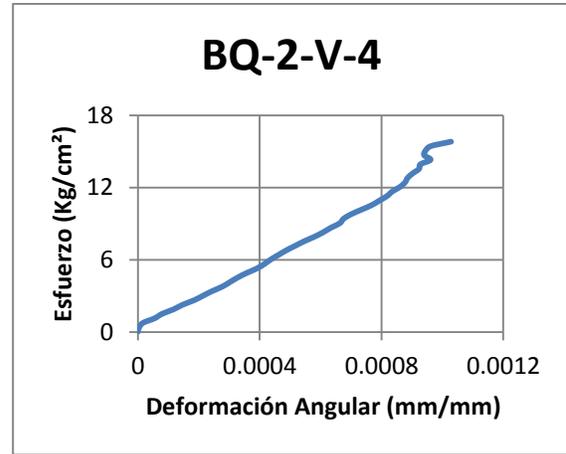


Figura 86 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-V-4

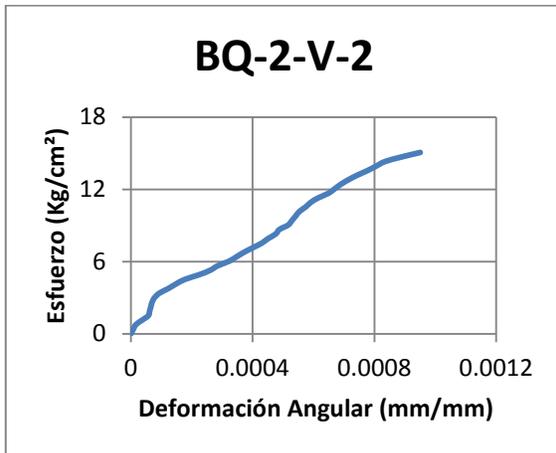


Figura 84 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-V-2

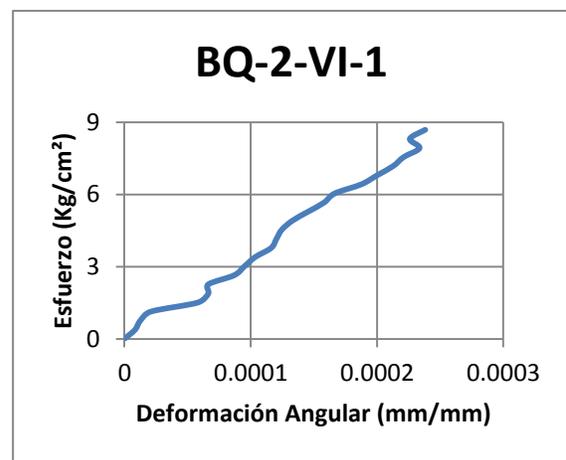


Figura 87 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-VI-1

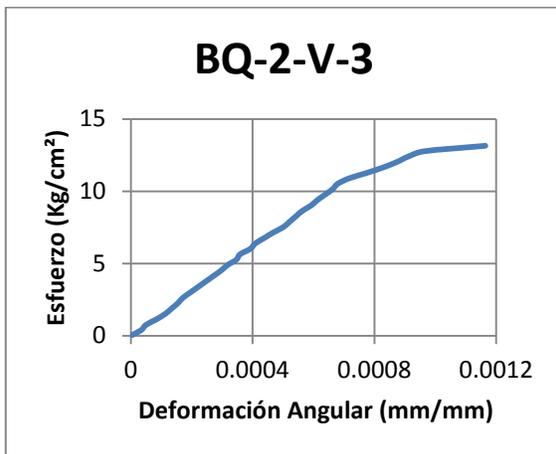


Figura 85 -Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-V-3

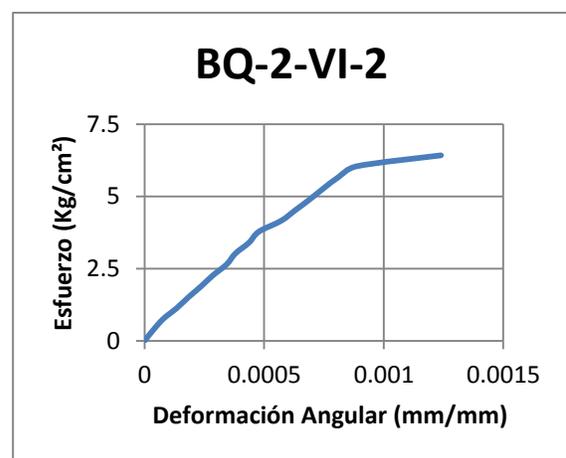


Figura 88 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-VI-2

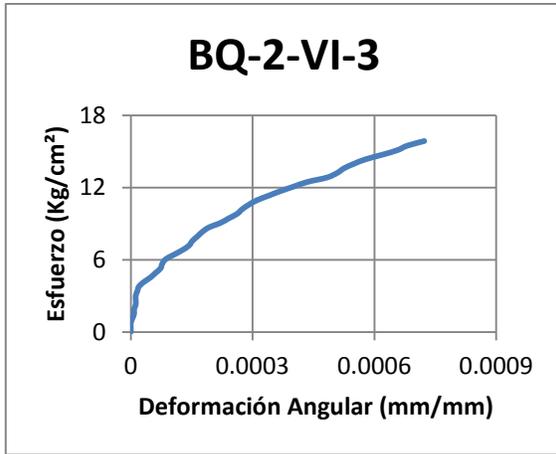


Figura 89 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-VI-3

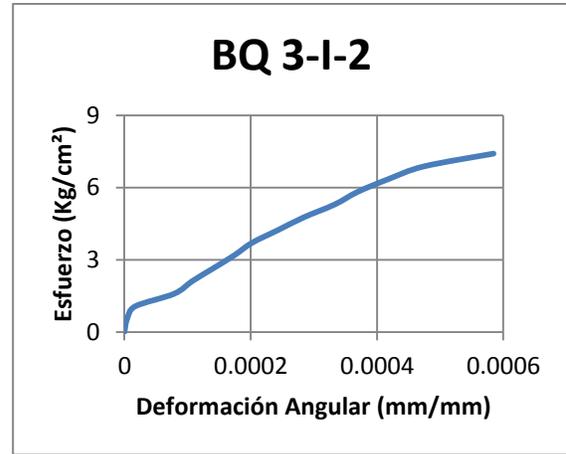


Figura 92 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-I-2

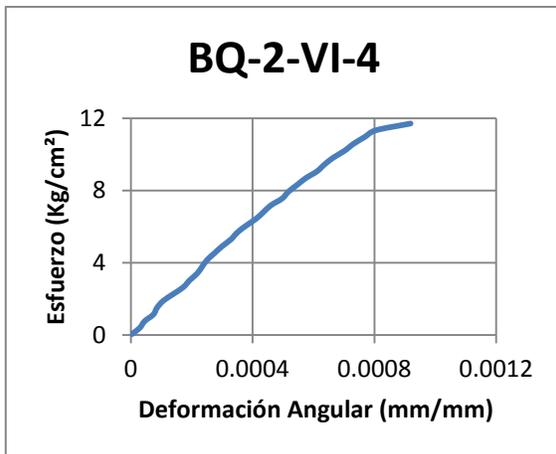


Figura 90 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 2-VI-4

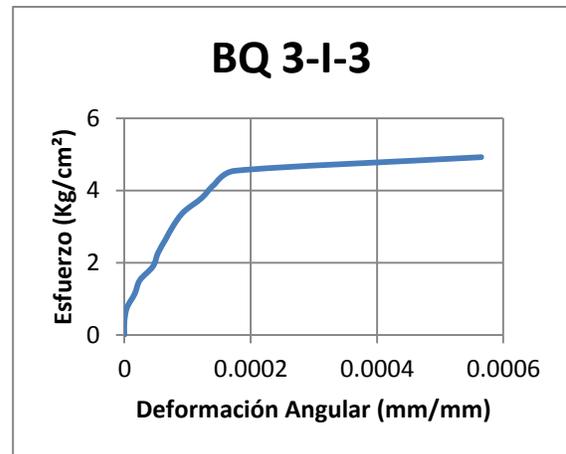


Figura 93 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-I-3

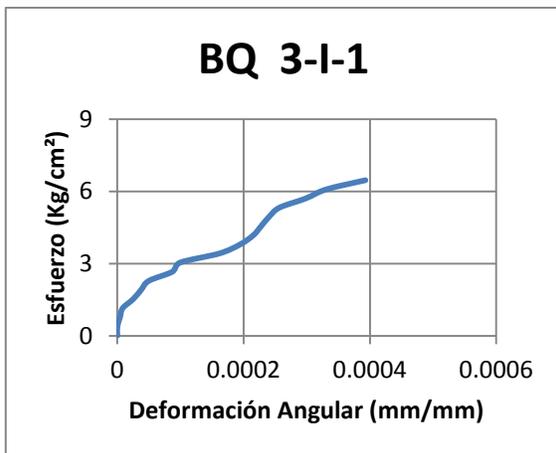


Figura 91 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-I-1

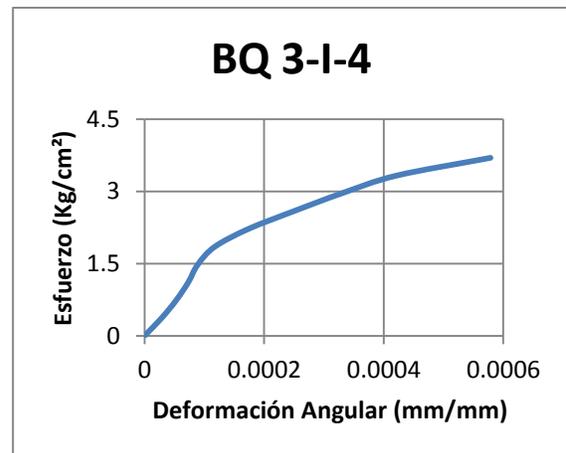


Figura 94 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-I-4

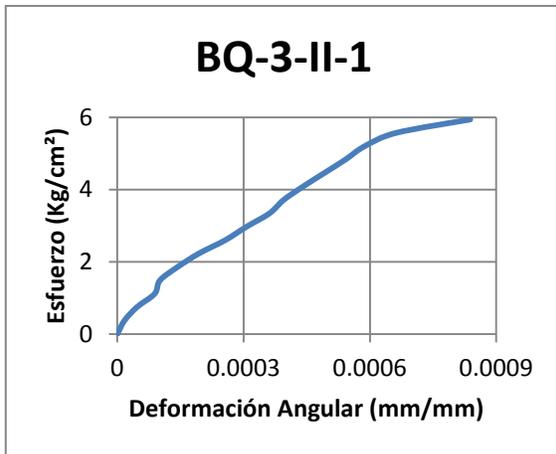


Figura 95 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-II-1

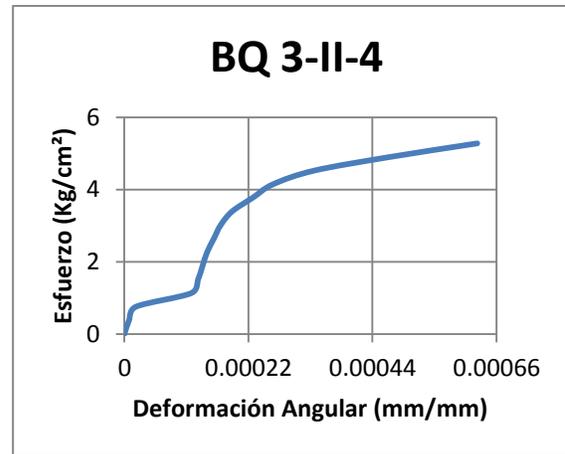


Figura 97 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-II-4

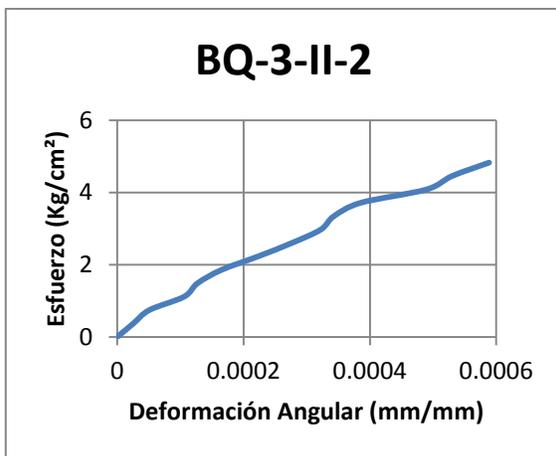


Figura 95 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-II-2

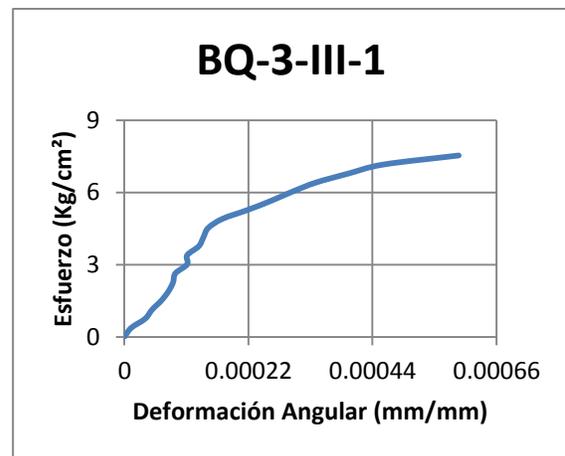


Figura 98 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-III-1

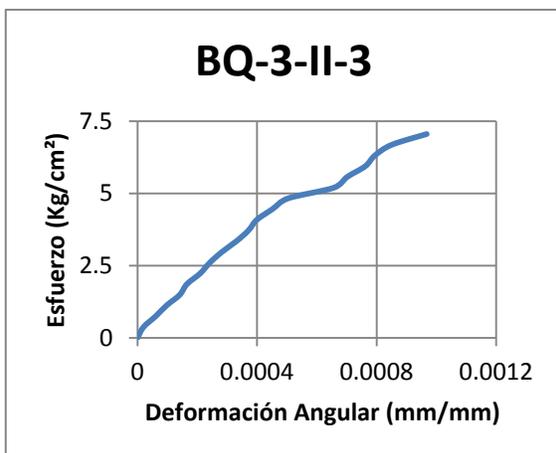


Figura 96 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-II-3

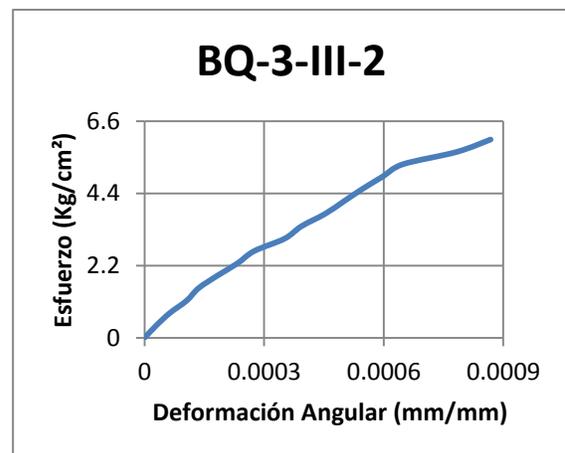


Figura 99 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-III-2

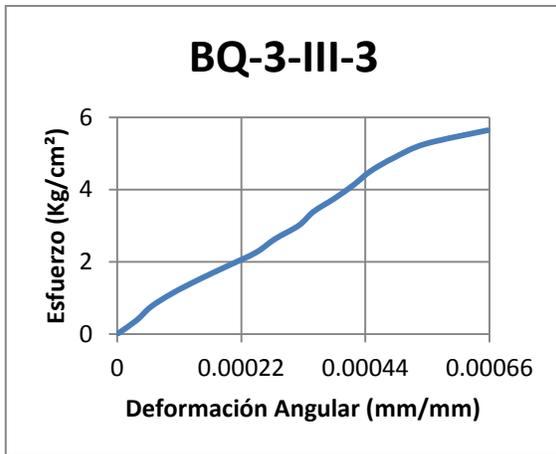


Figura 100 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-III-3

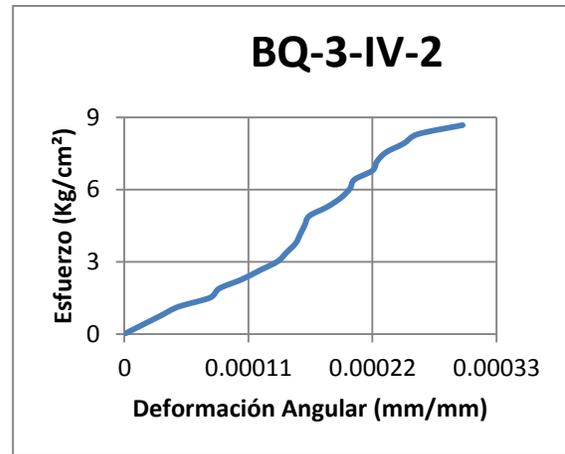


Figura 103 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-IV-2

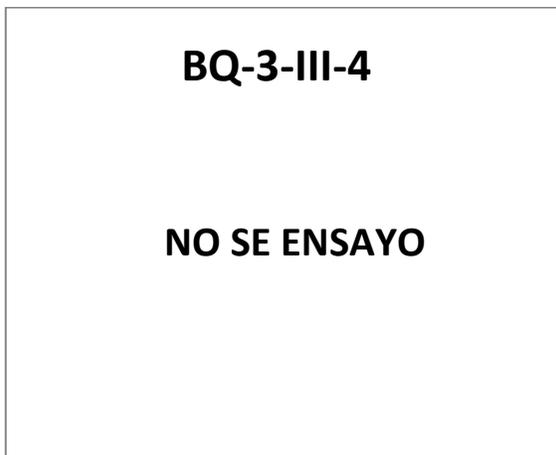


Figura 101 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-III-4

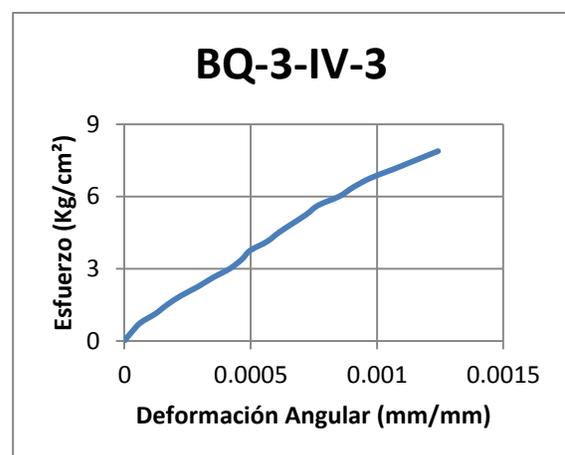


Figura 104 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-IV-3

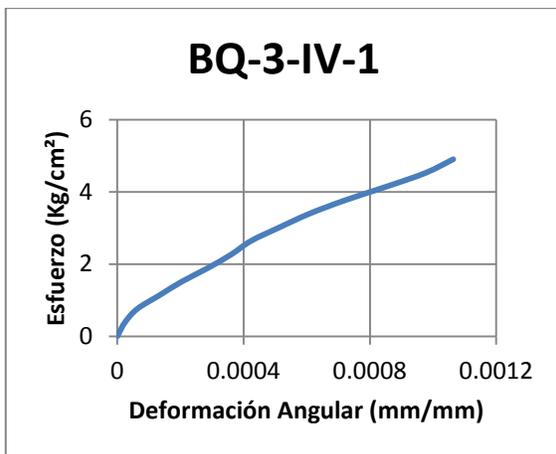


Figura 102 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-IV-1

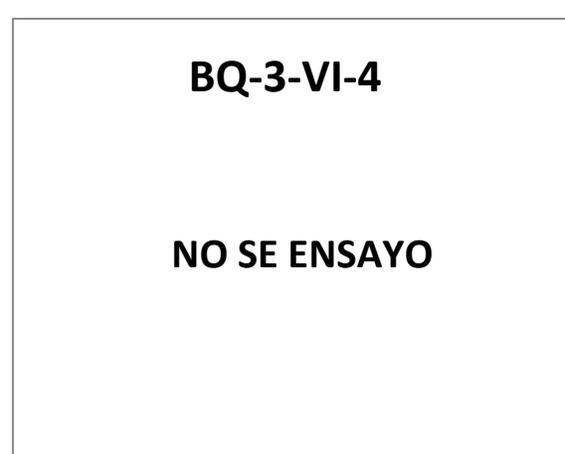


Figura 105 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-IV-4

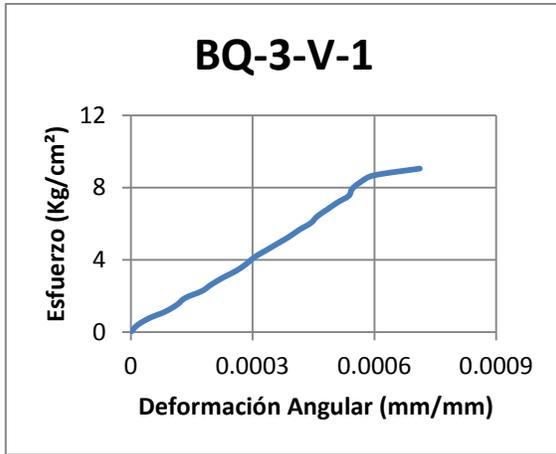


Figura 106 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-V-1

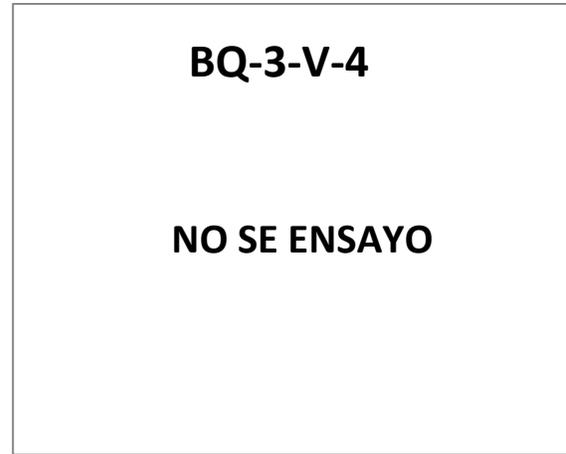


Figura 109 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-V-4

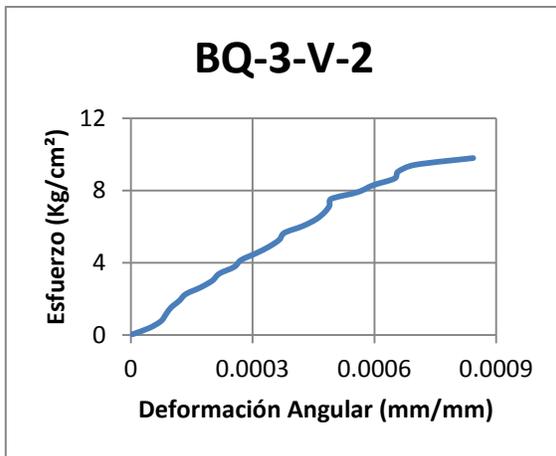


Figura 107 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-V-2

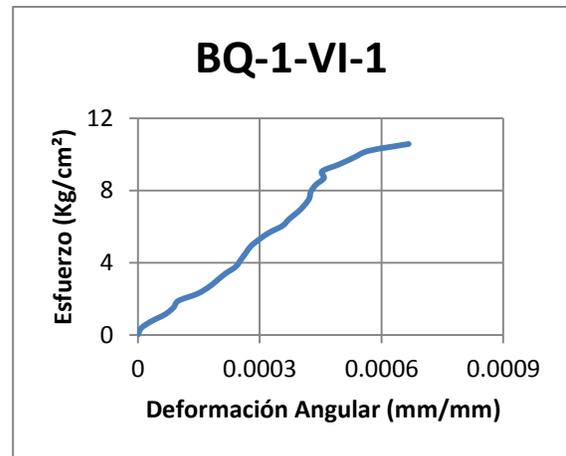


Figura 110 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-VI-1

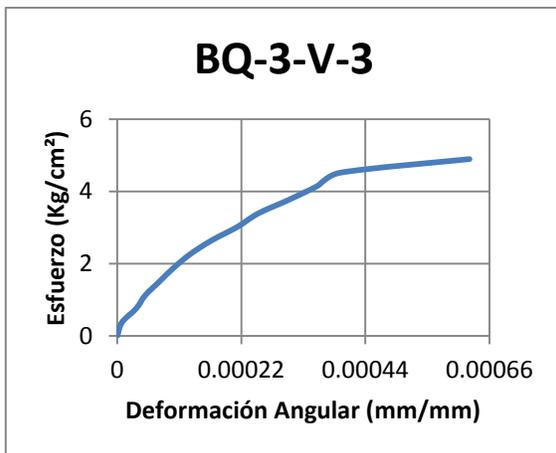


Figura 108 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-V-3

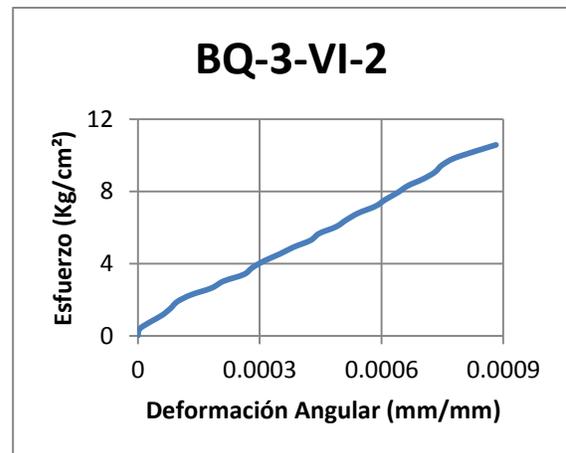


Figura 111 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-VI-2

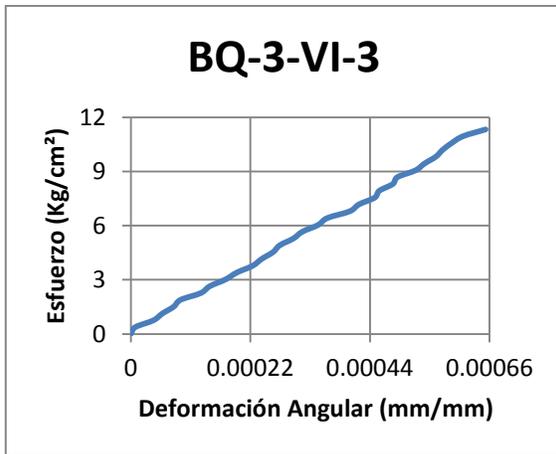


Figura 112 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-VI-3

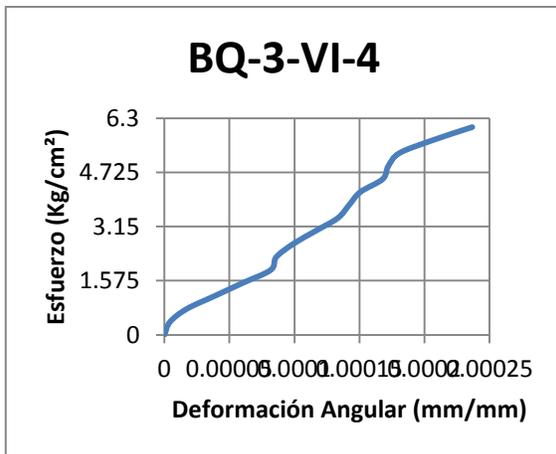


Figura 113 Gráfica esfuerzo-deformación M BQ 3-VI-4

Proveedor: Cónдор

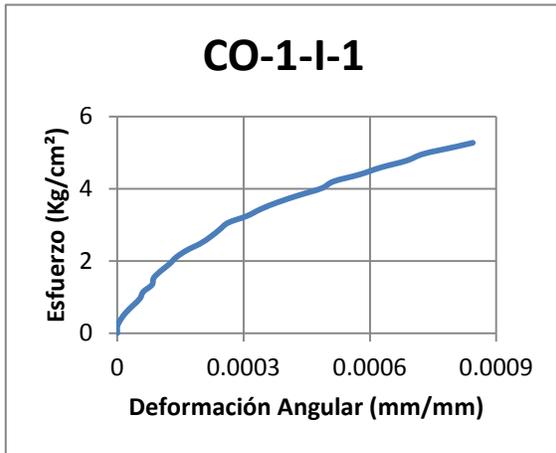


Figura 114 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-I-1

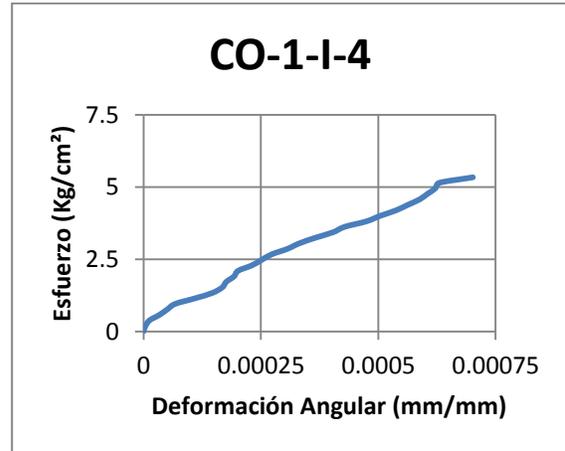


Figura 117 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-I-4

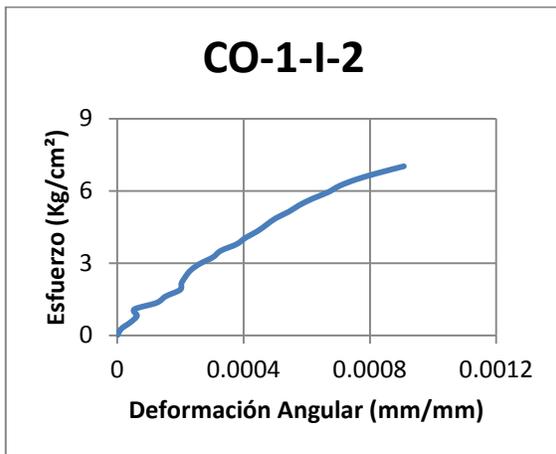


Figura 115 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-I-2

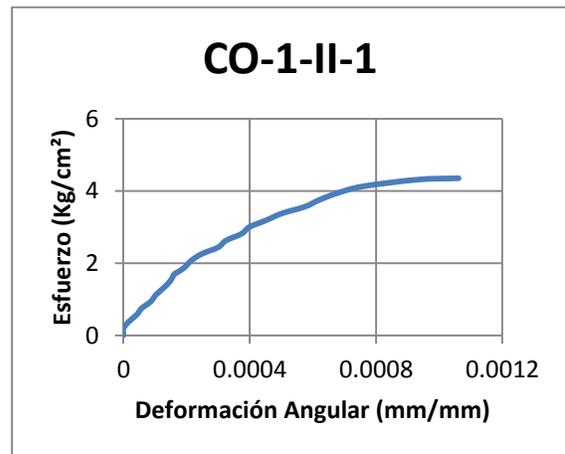


Figura 118 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-II-1

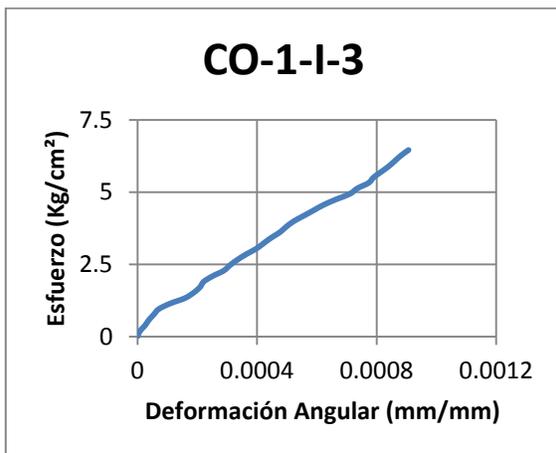


Figura 116 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-I-3

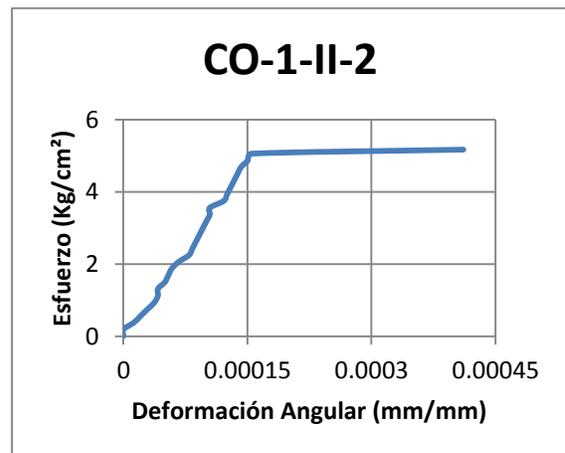


Figura 119 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-II-2

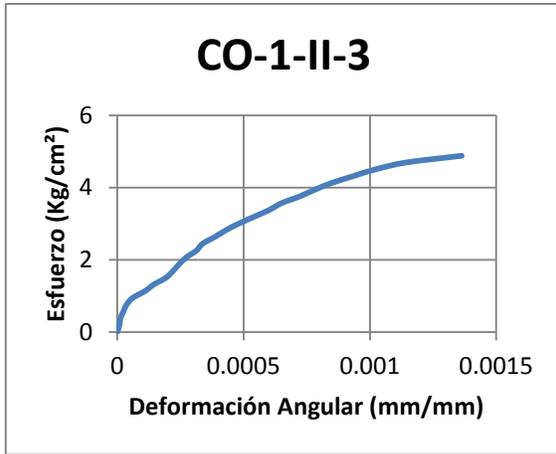


Figura 120 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-II-3

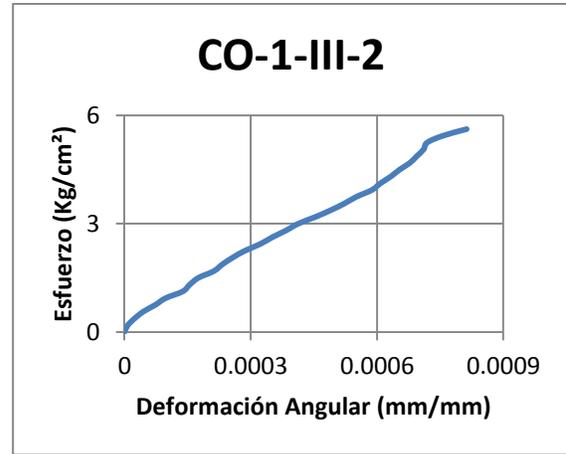


Figura 123 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-III-2

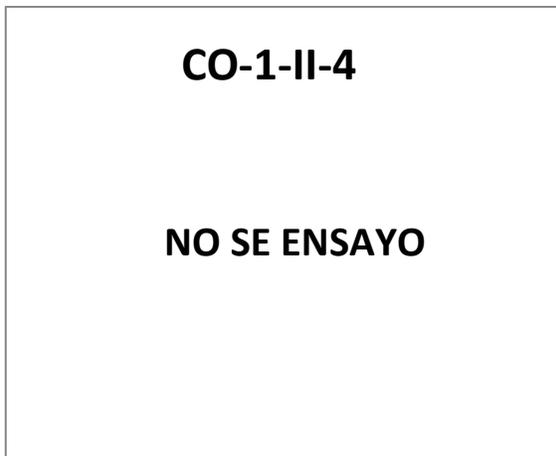


Figura 121 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-II-4

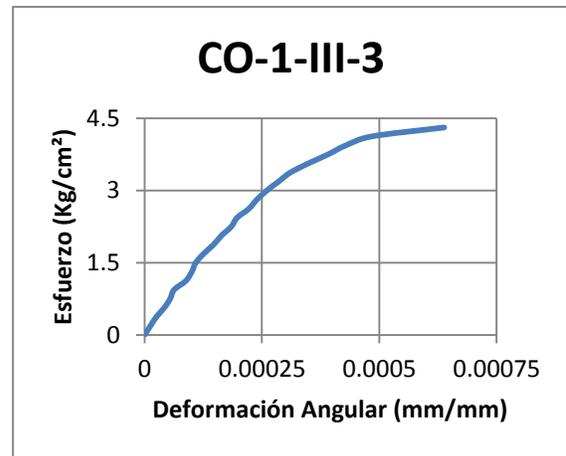


Figura 124 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-III-3

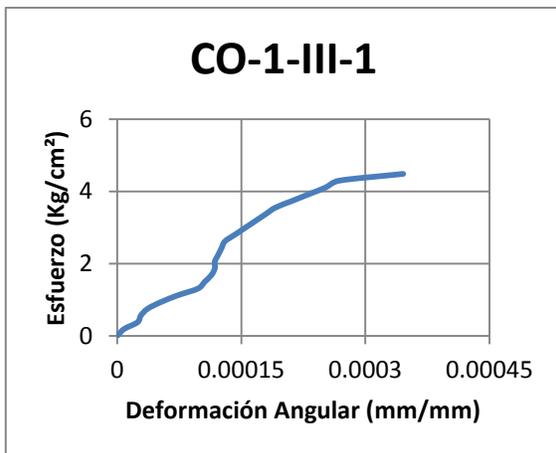


Figura 122 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-III-1

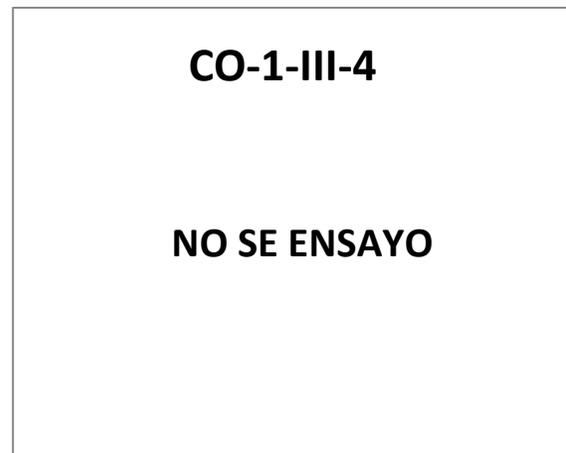


Figura 125 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-III-4

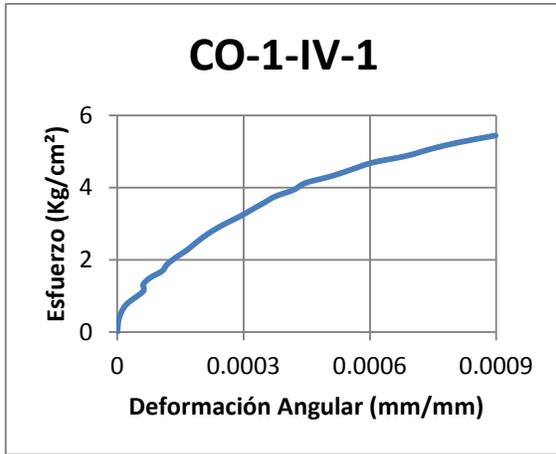


Figura 126 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-IV-1

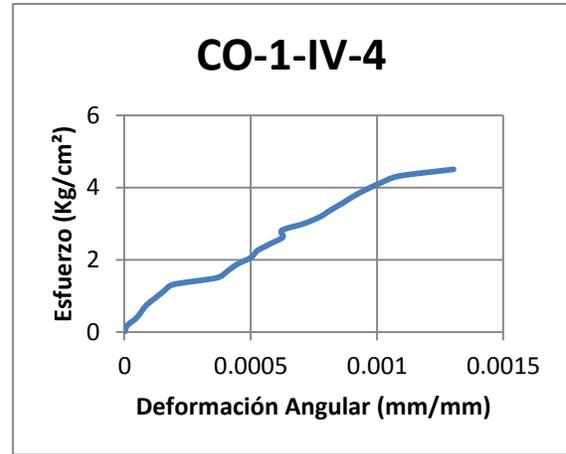


Figura 129 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-IV-4

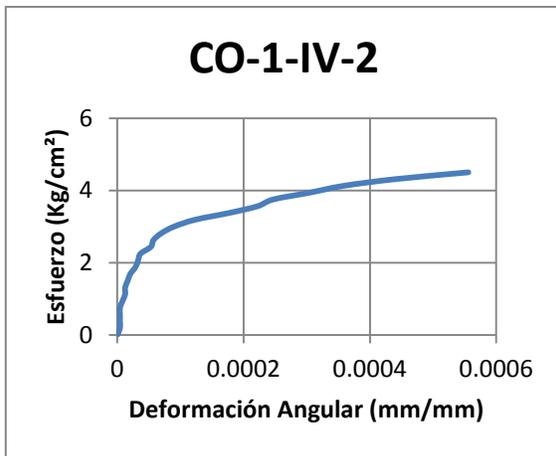


Figura 127 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-IV-2

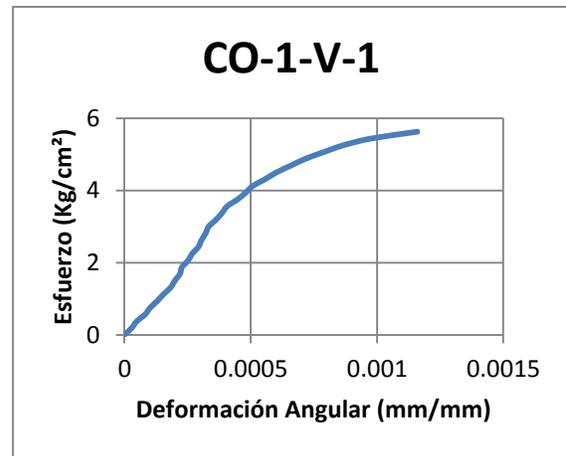


Figura 130 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-V-1

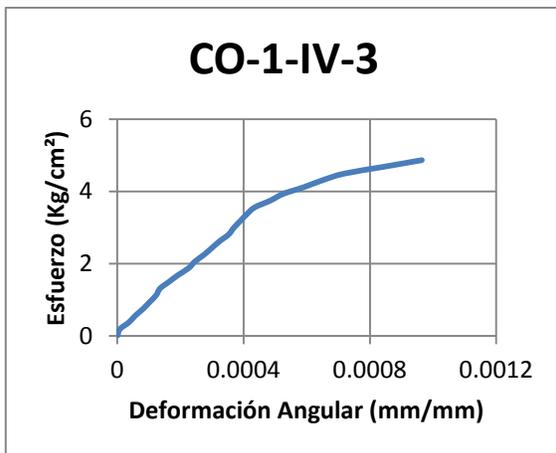


Figura 128 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-IV-3

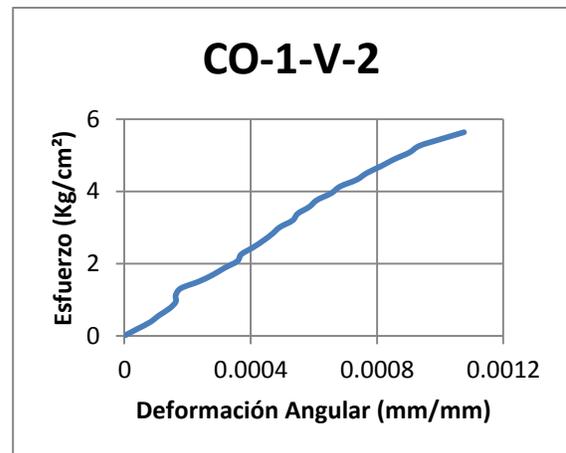


Figura 131 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-V-2

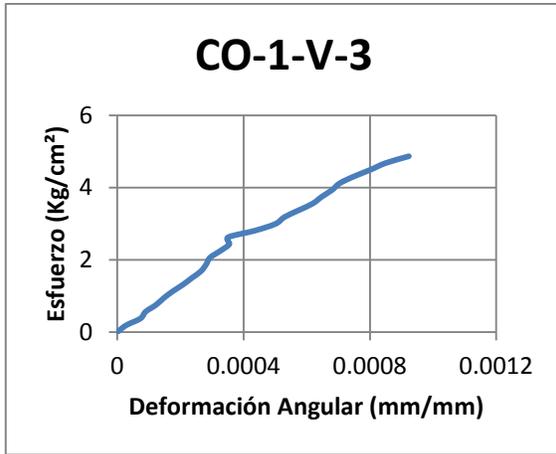


Figura 132 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-V-3

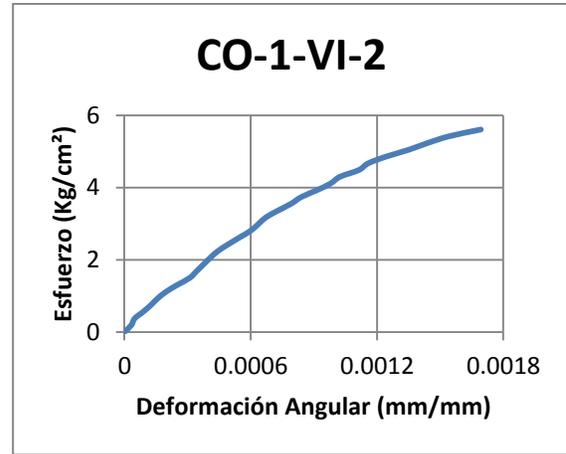


Figura 135 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-VI-2

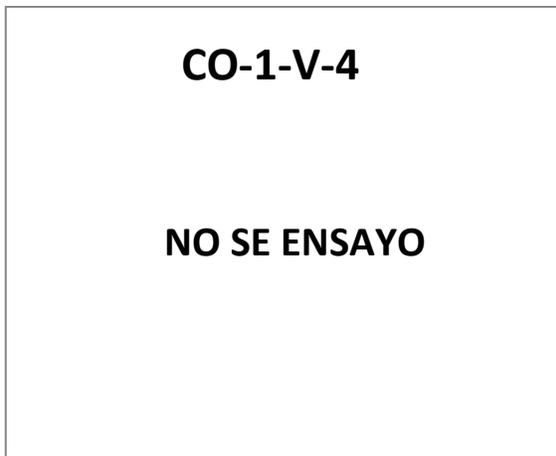


Figura 133 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-V-4

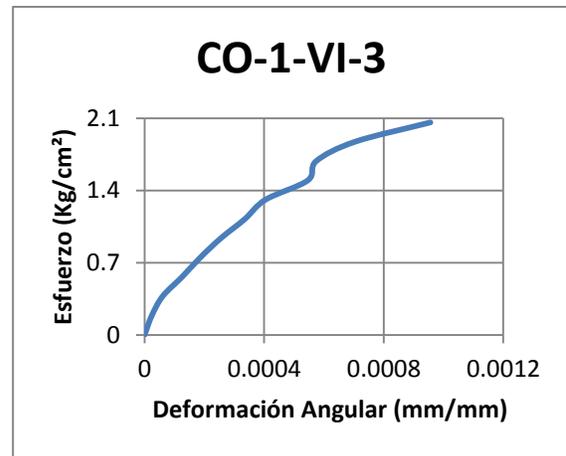


Figura 136 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-VI-3

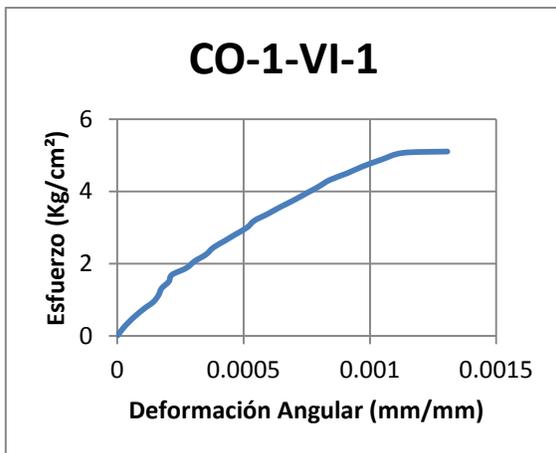


Figura 134 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-VI-1

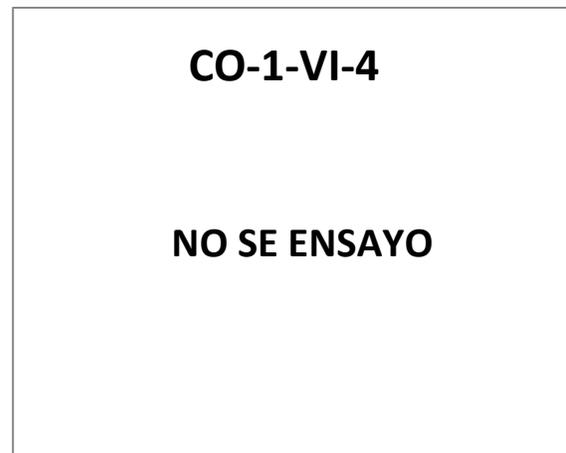


Figura 137 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 1-VI-4

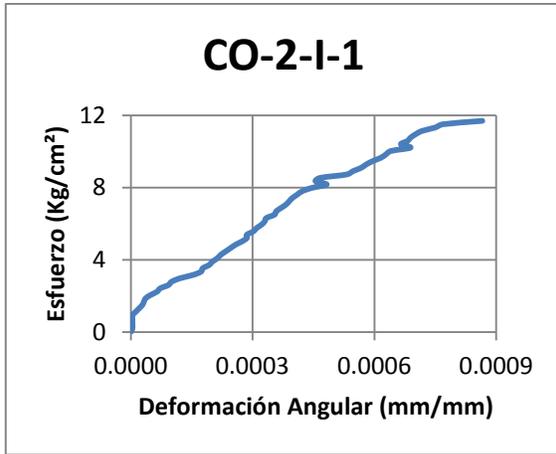


Figura 138 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-I-1

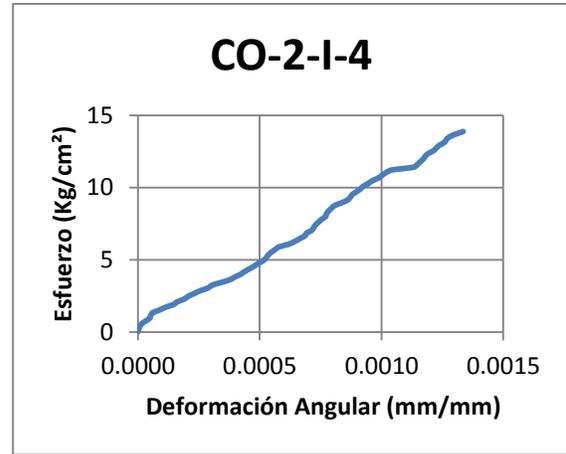


Figura 141 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-I-4

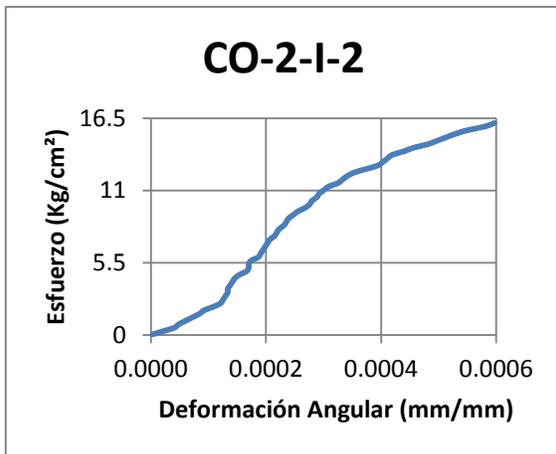


Figura 139 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-I-2

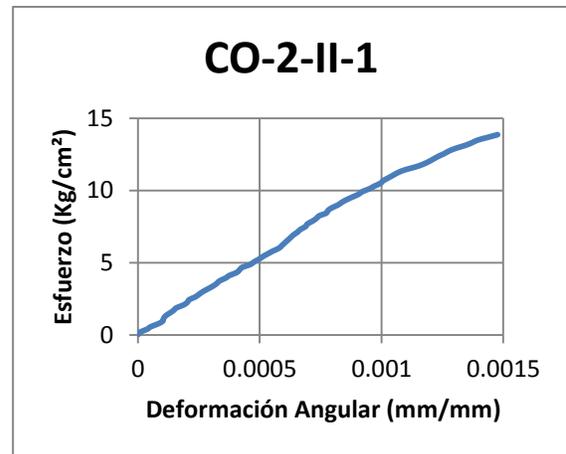


Figura 142 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-II-1

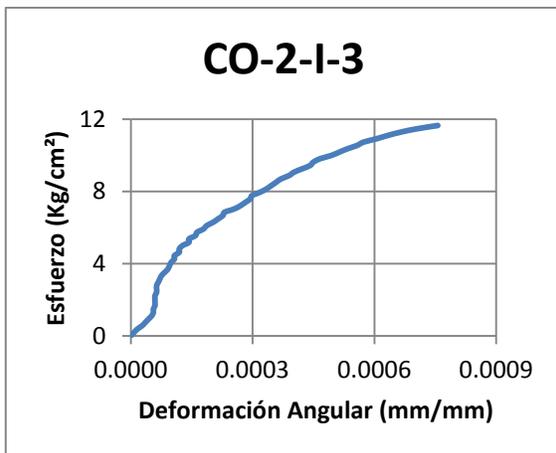


Figura 140 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-I-3

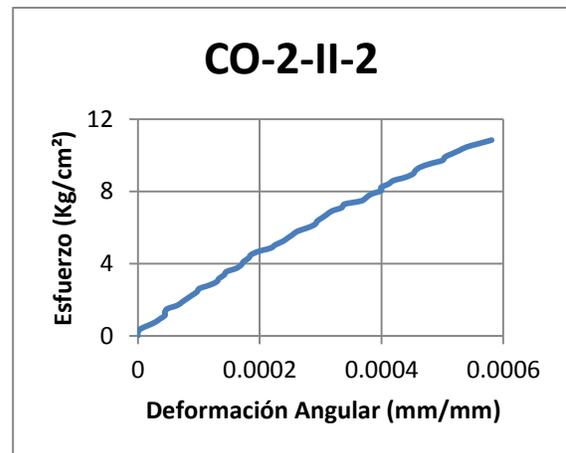


Figura 143 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-II-2

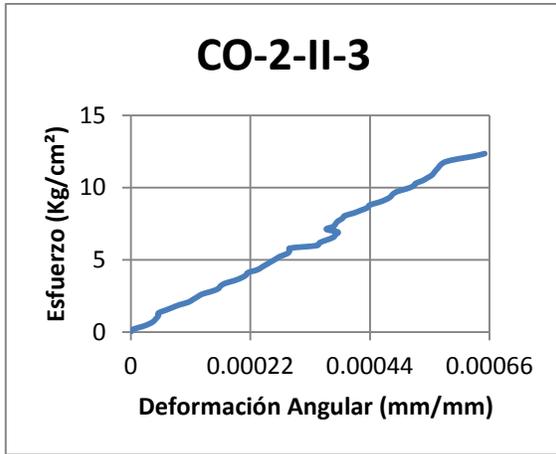


Figura 144 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-II-3

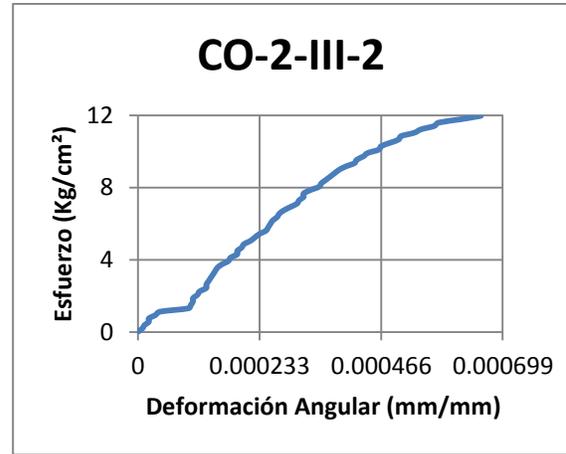


Figura 147 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-III-2

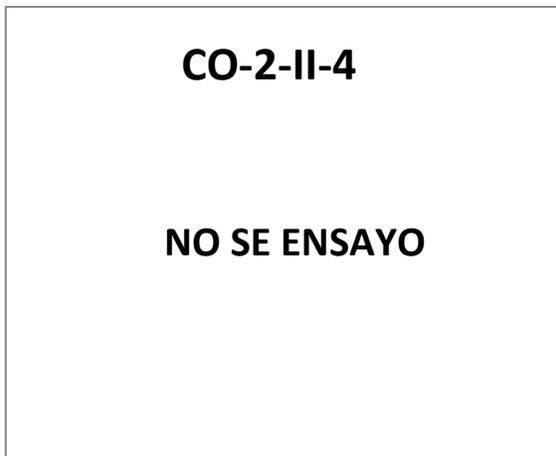


Figura 145 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-II-4

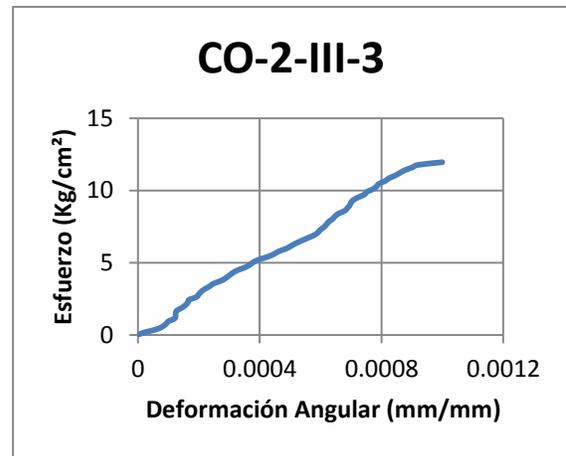


Figura 148 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-III-3

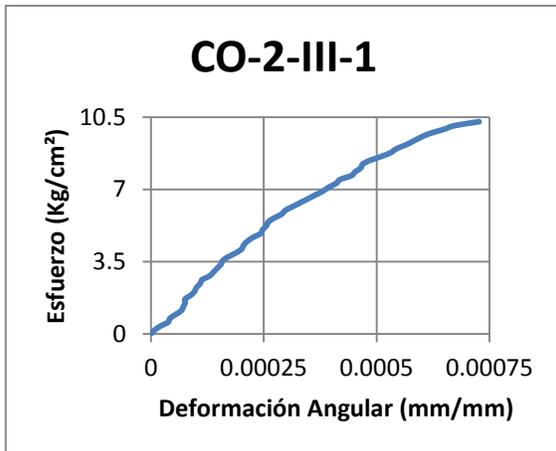


Figura 146 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-III-1

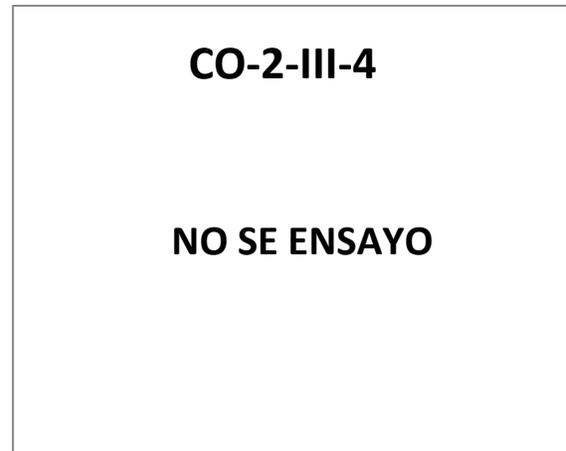


Figura 149 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-III-4

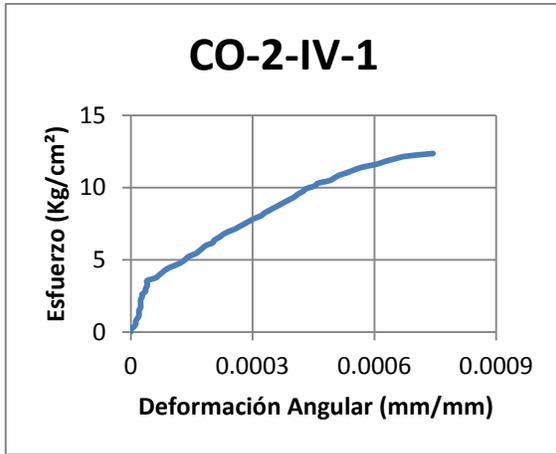


Figura 150 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-IV-1

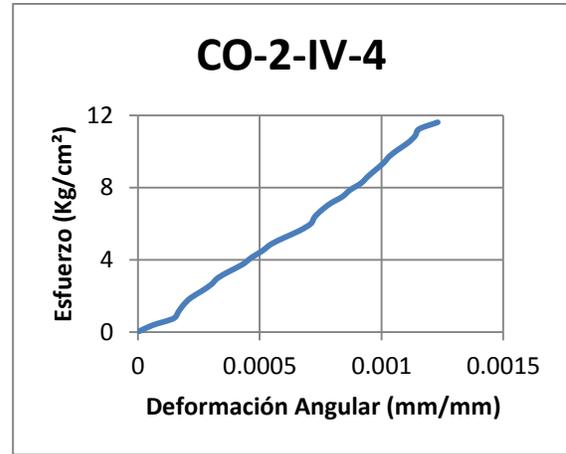


Figura 153 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-IV-4

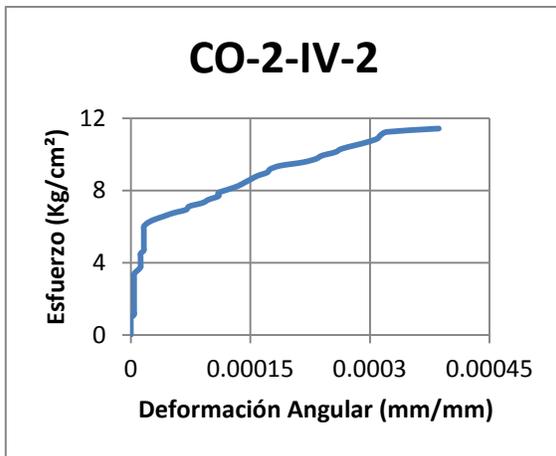


Figura 151 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-IV-2

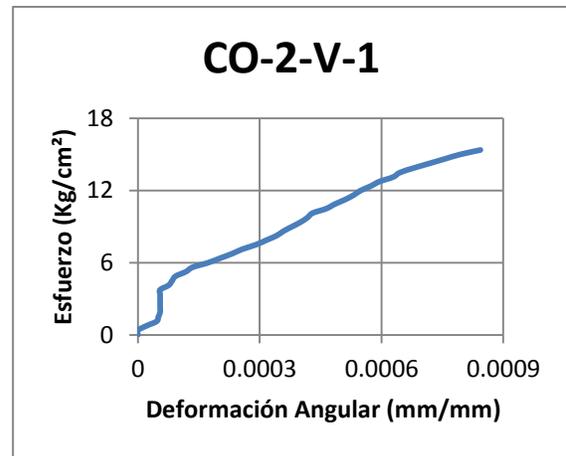


Figura 154 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-V-1

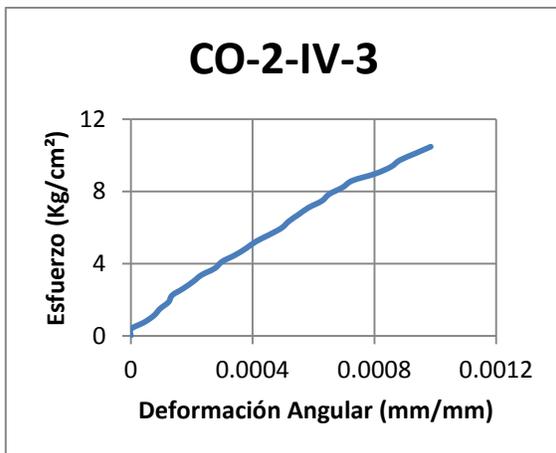


Figura 152 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-IV-3

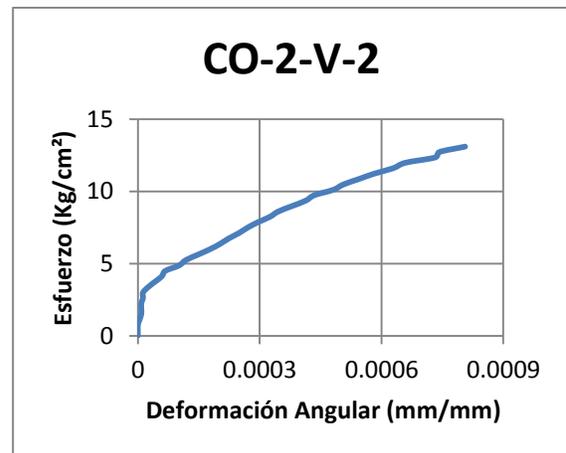


Figura 155 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-V-2

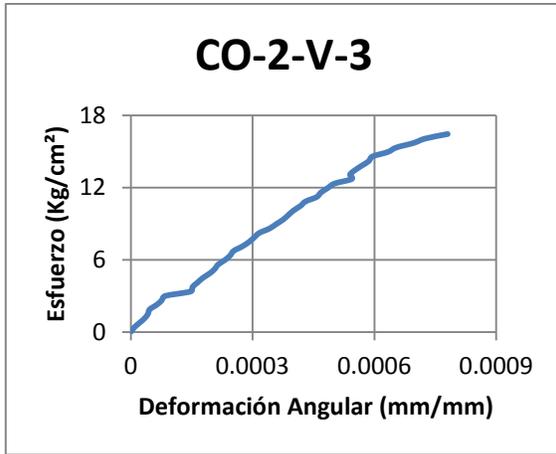


Figura 156 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-V-3

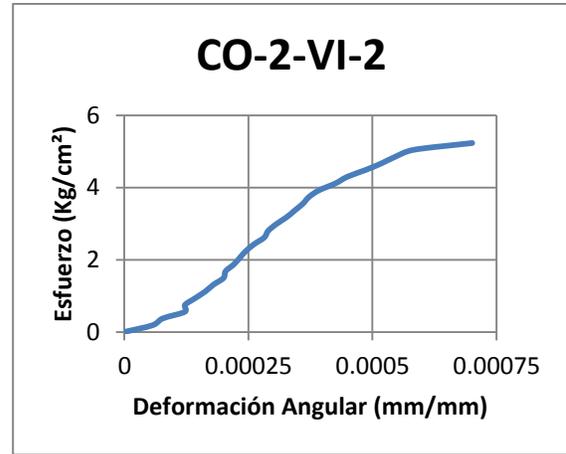


Figura 159 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-VI-2

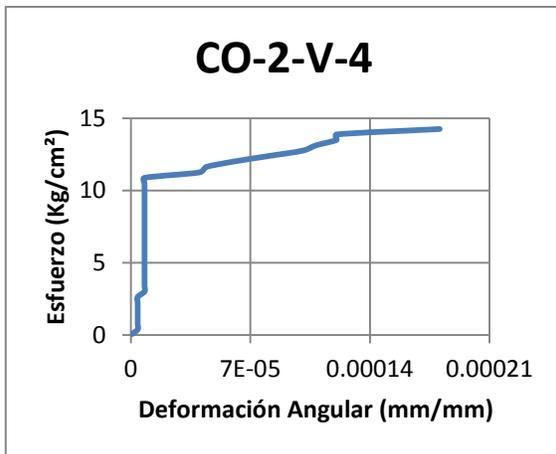


Figura 157 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-V-4

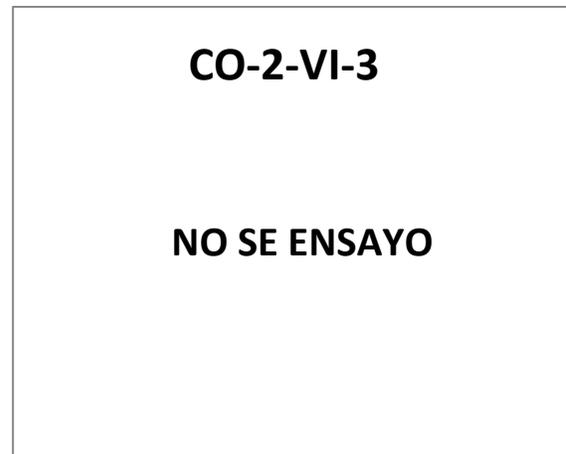


Figura 160 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-VI-3

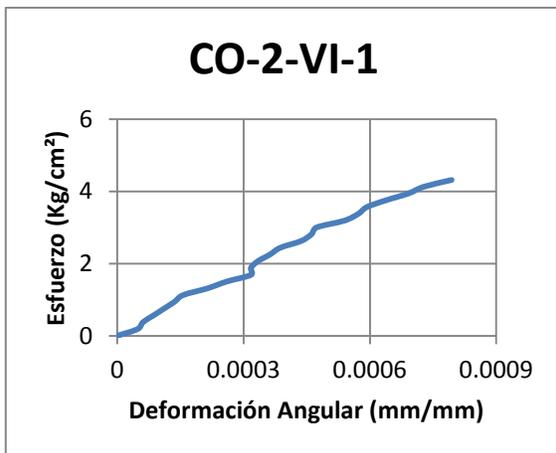


Figura 158 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-VI-1

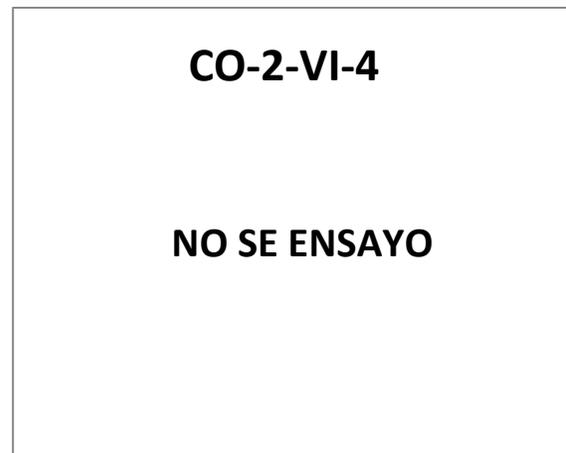


Figura 161 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 2-VI-4

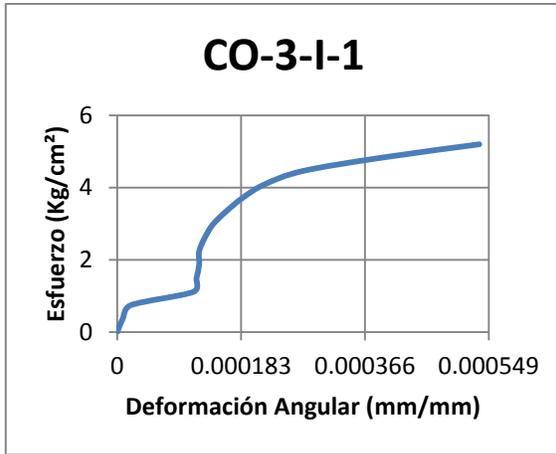


Figura 162 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-I-1

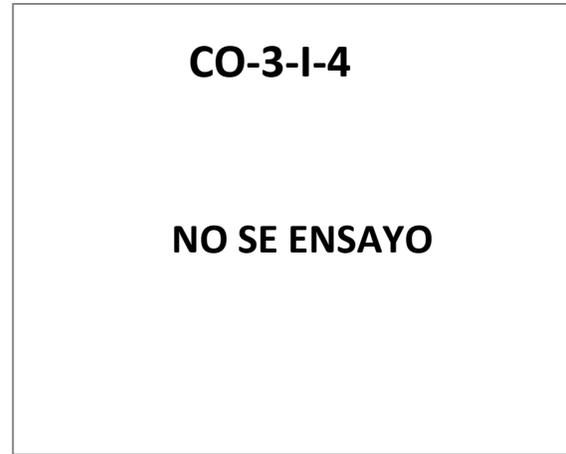


Figura 165 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-I-4

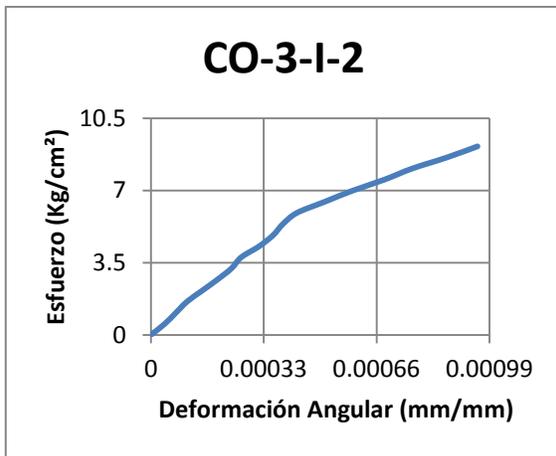


Figura 163 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-I-2

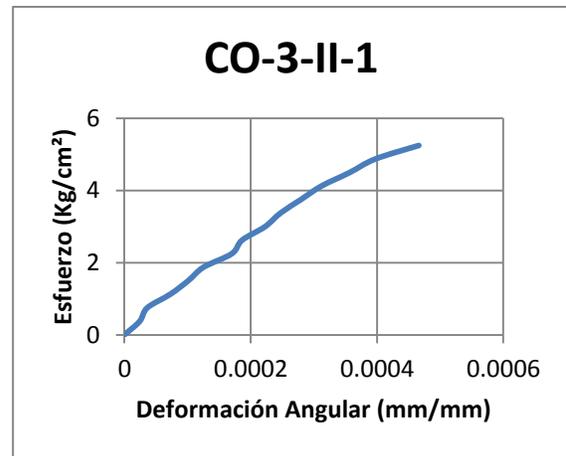


Figura 166 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-II-1

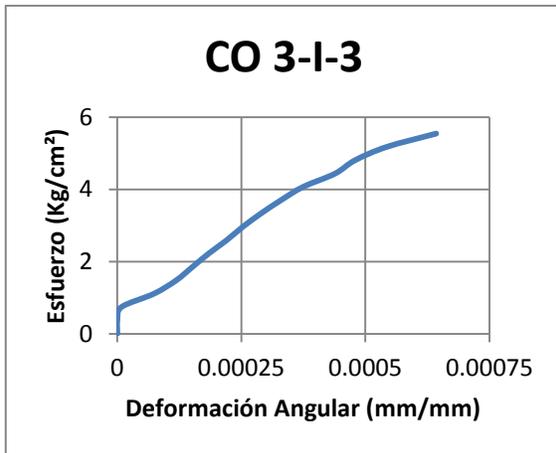


Figura 164 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-I-3

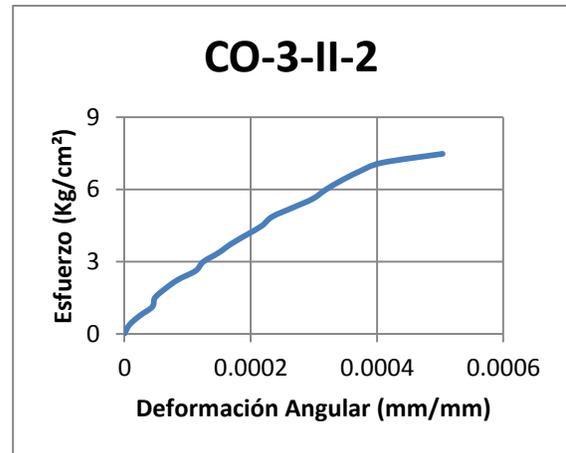


Figura 167 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-II-2

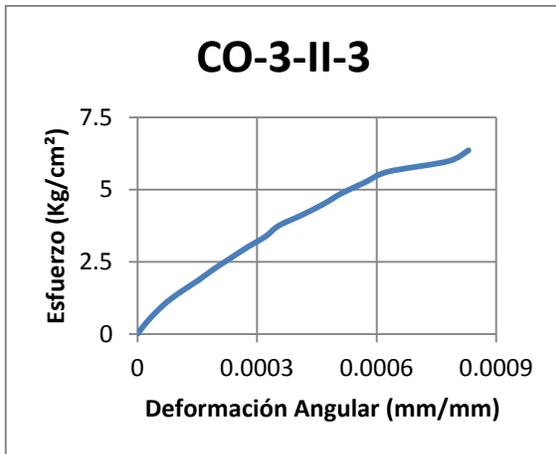


Figura 168 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-II-3

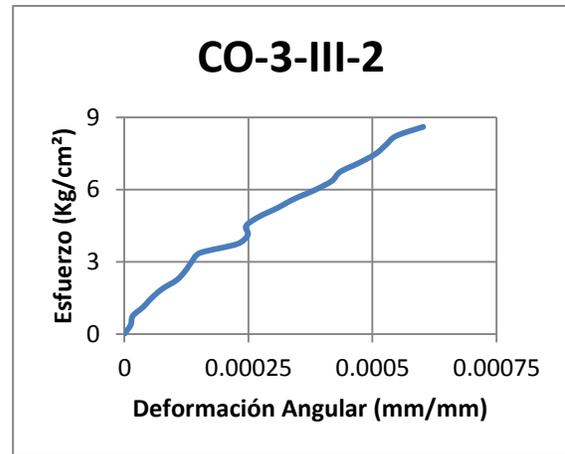


Figura 171 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-III-2

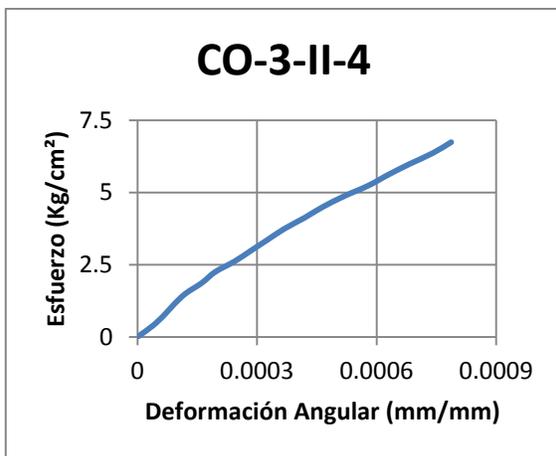


Figura 169 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-II-4

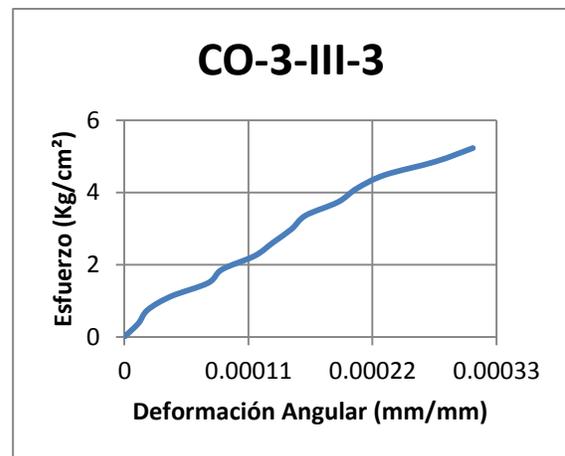


Figura 172 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-III-3

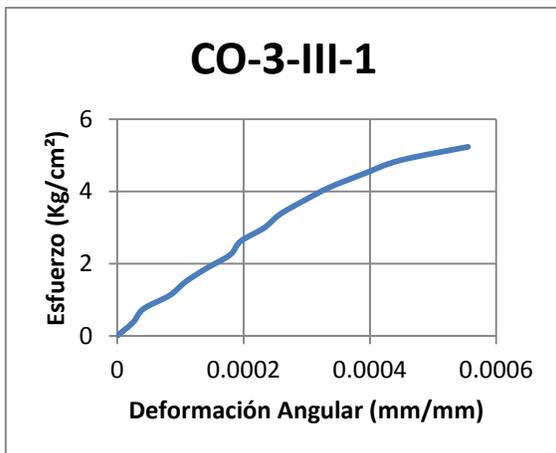


Figura 170 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-III-1

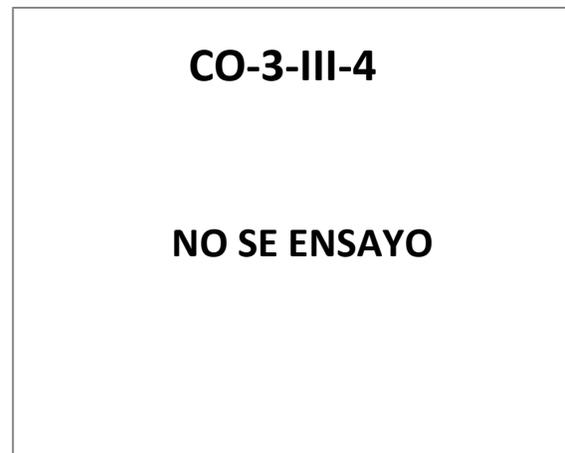


Figura 173 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-III-4

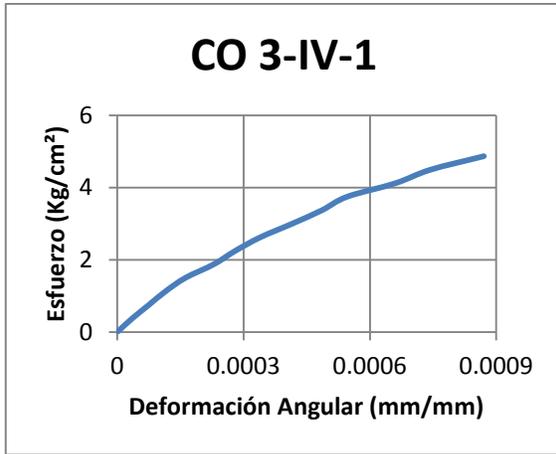


Figura 174 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-IV-1

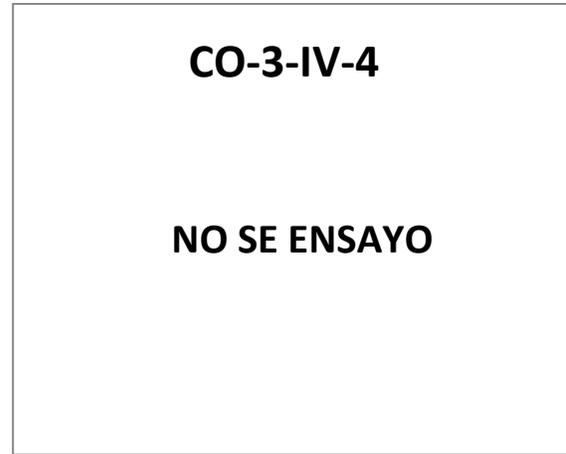


Figura 177 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-IV-4

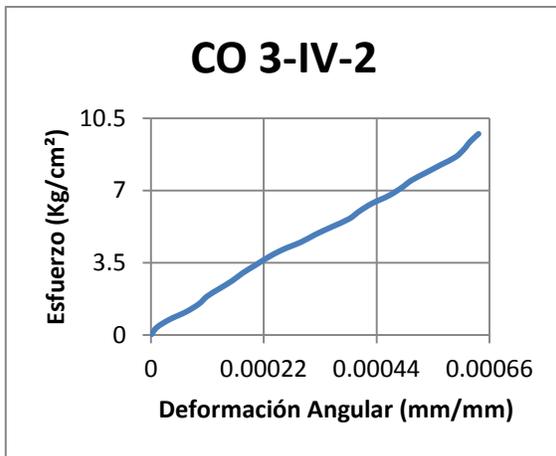


Figura 175 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-IV-2

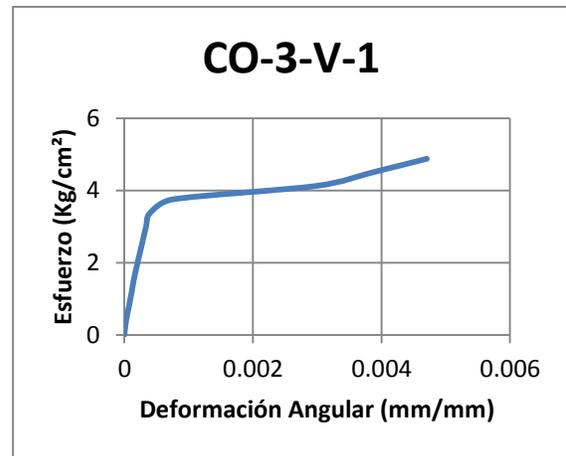


Figura 178 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-V-1

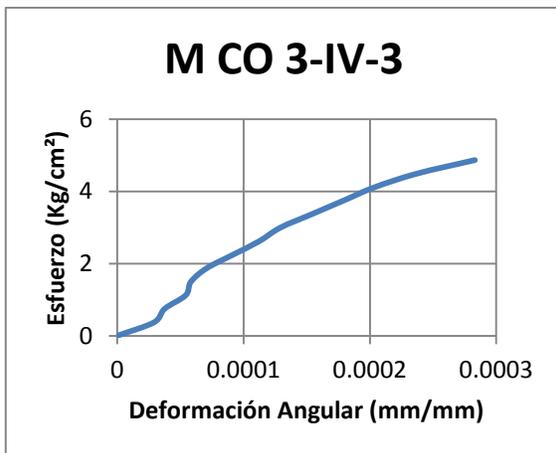


Figura 176 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-IV-3

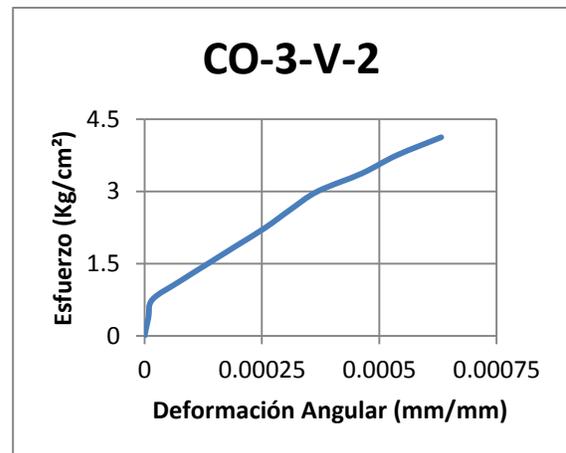


Figura 179 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-V-2

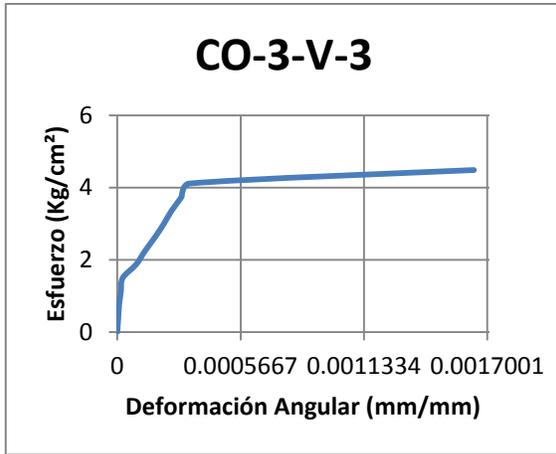


Figura 180 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-V-3

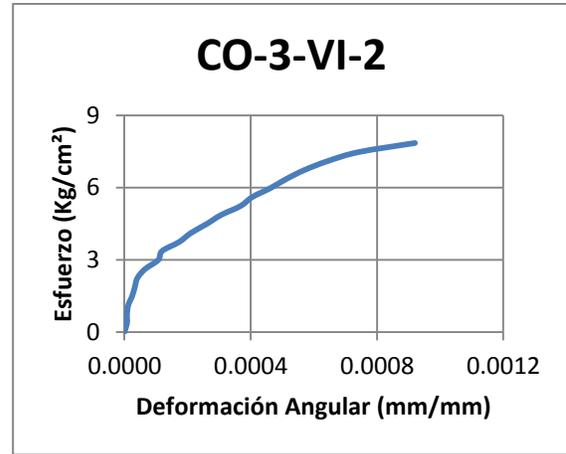


Figura 183 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-VI-2

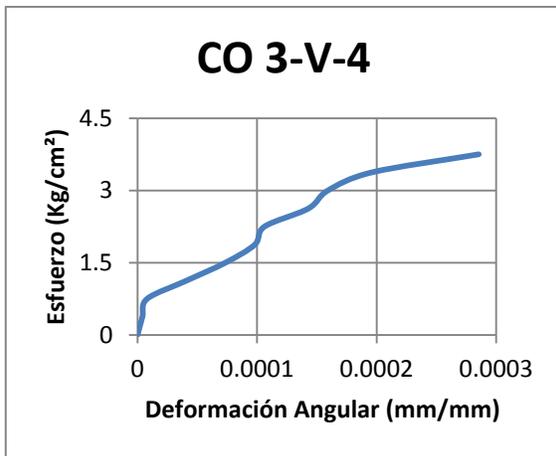


Figura 181 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-V-4

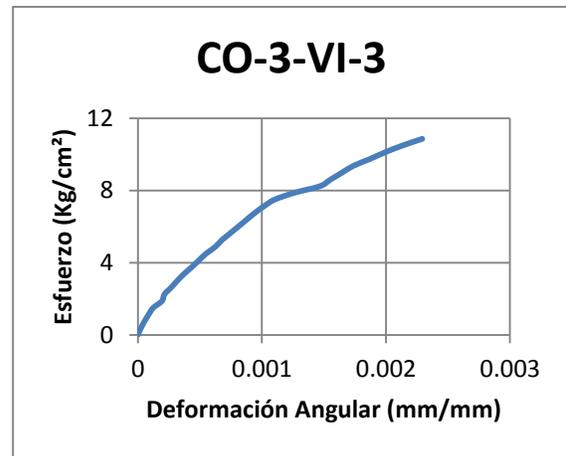


Figura 184 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-VI-3

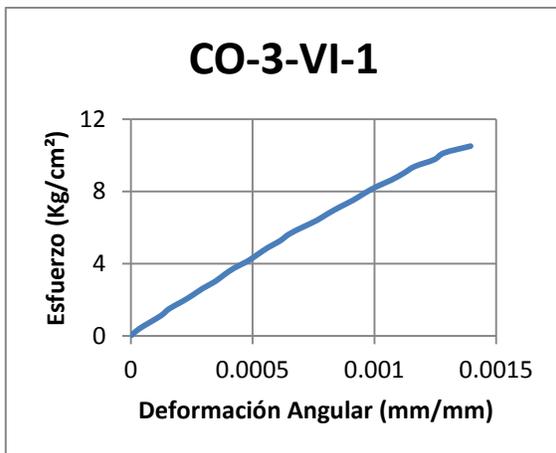


Figura 182 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-VI-1

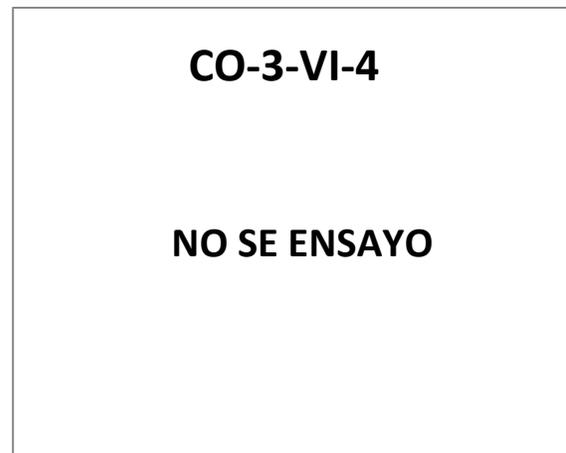


Figura 185 Gráfica esfuerzo-deformación M CO 3-VI-4

Proveedor: Avarsa

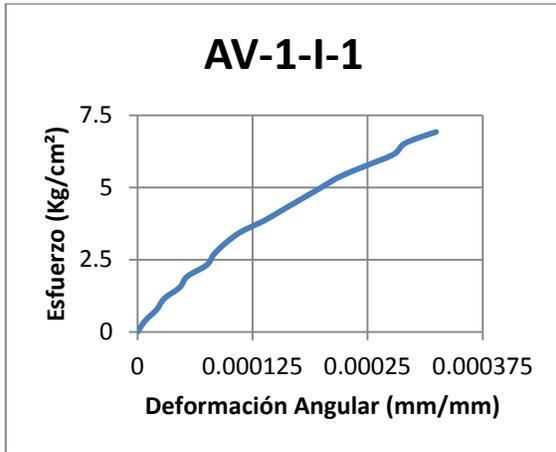


Figura 186 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-I-1

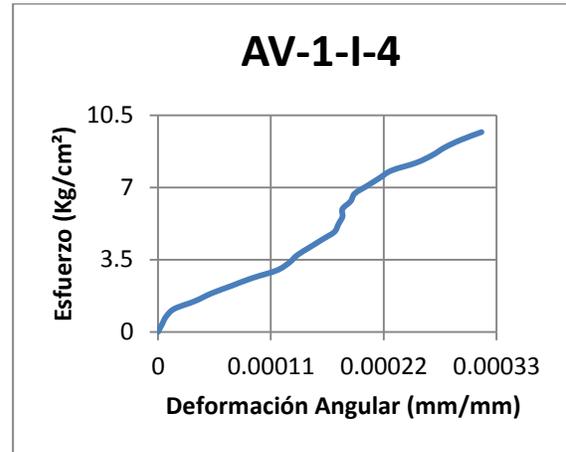


Figura 189 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-I-4

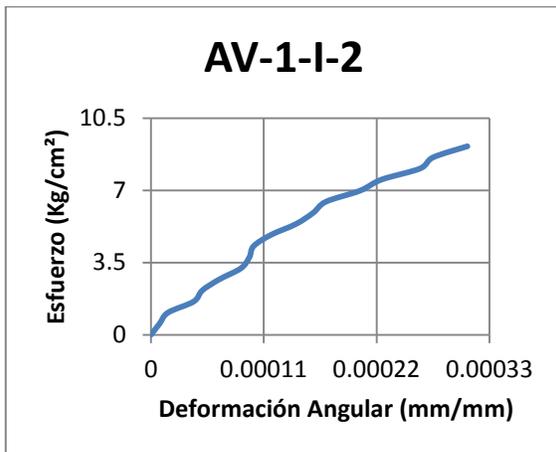


Figura 187 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-I-2

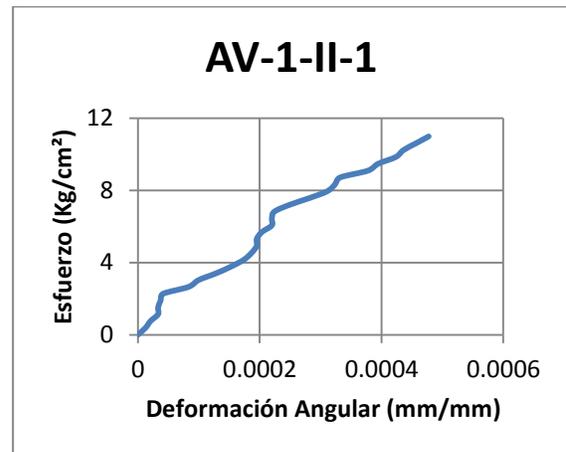


Figura 190 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-II-1

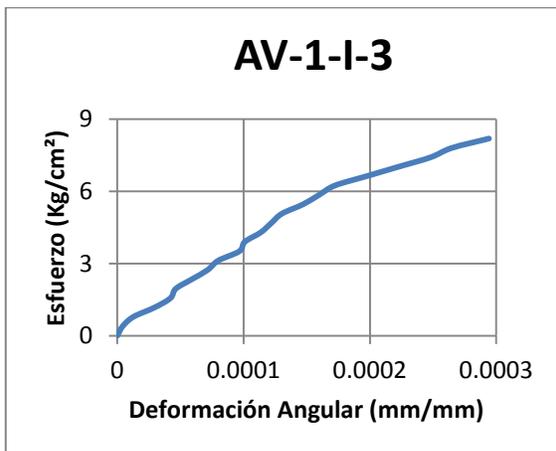


Figura 188 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-I-4

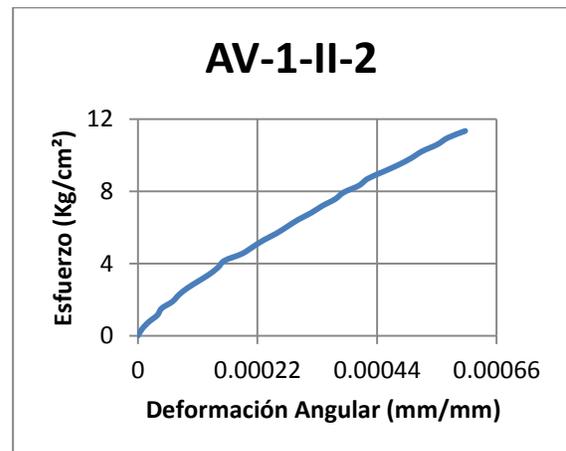


Figura 191 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-II-2

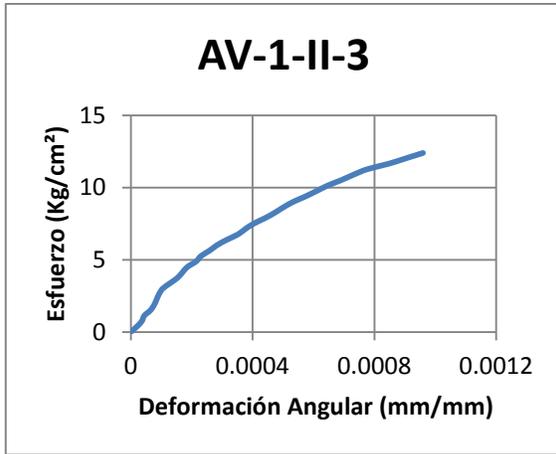


Figura 192 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-II-3

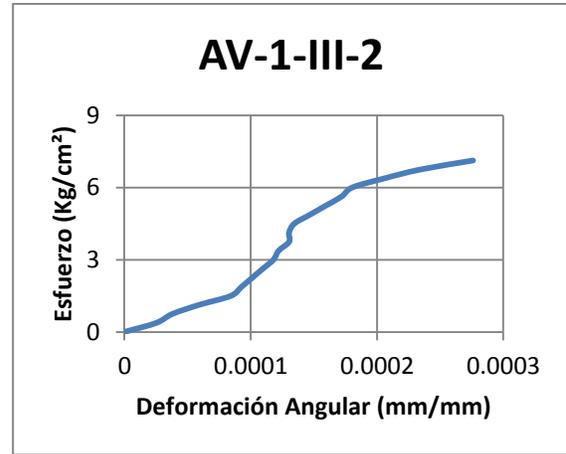


Figura 195 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-III-2

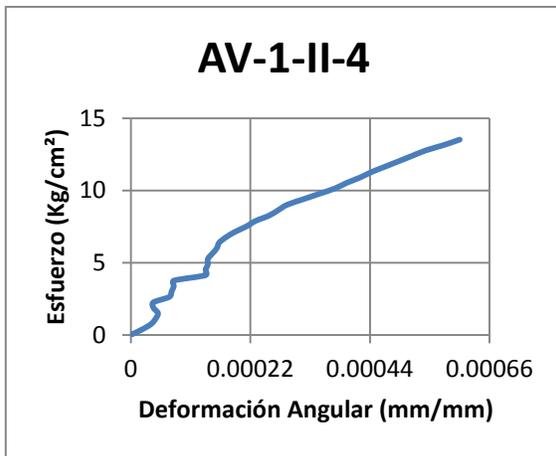


Figura 193 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-II-4

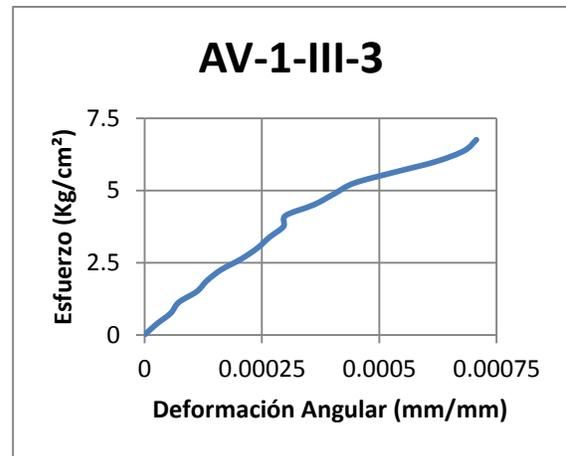


Figura 196 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-III-3

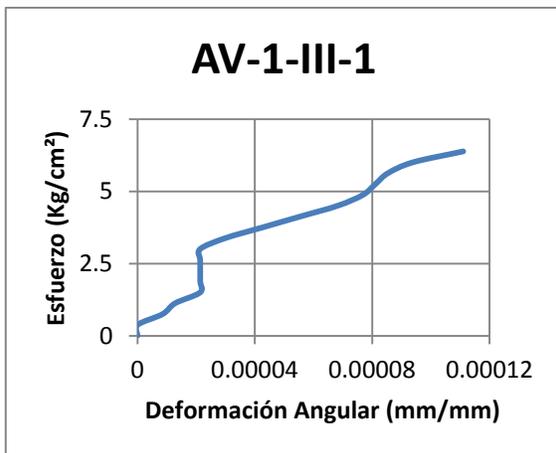


Figura 194 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-III-1

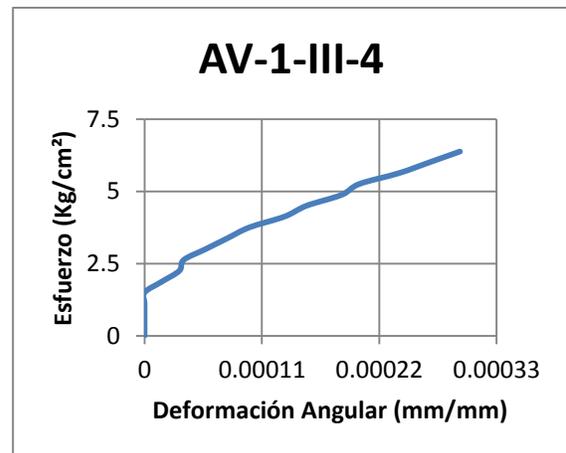


Figura 197 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-III-4

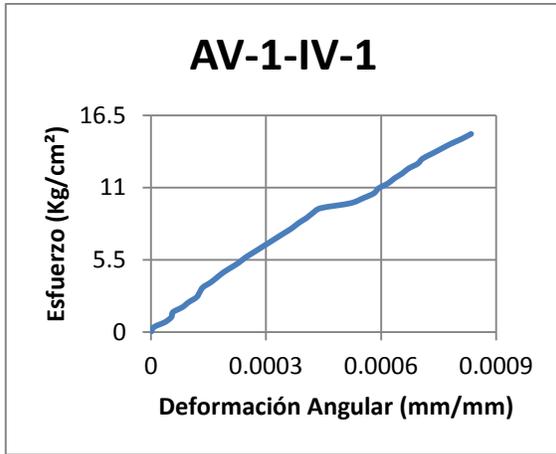


Figura 198 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-IV-1

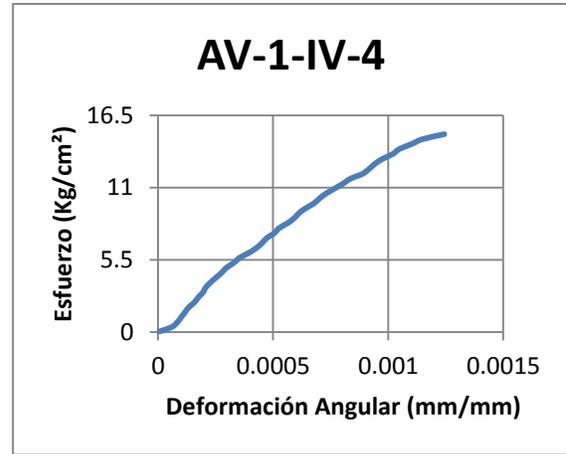


Figura 201 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-IV-4

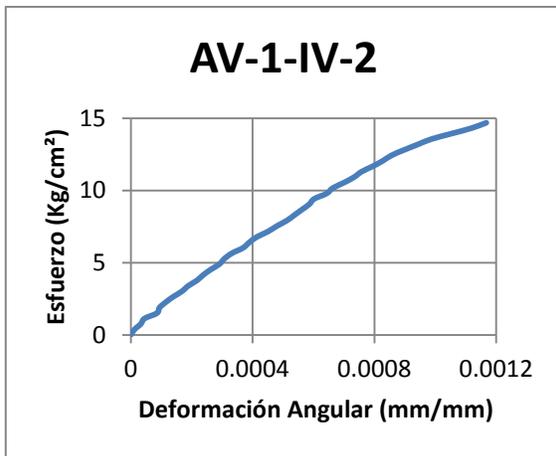


Figura 199 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-IV-2

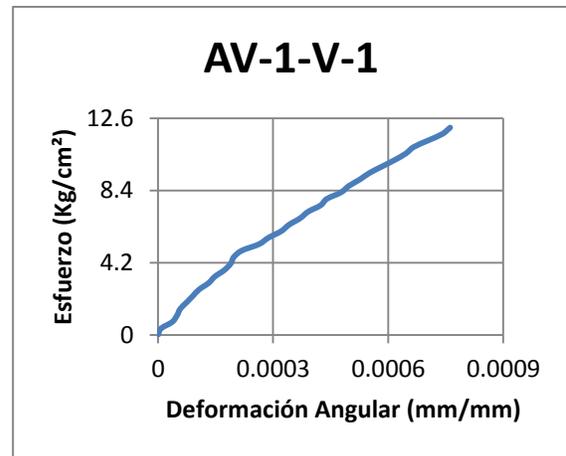


Figura 202 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-V-1

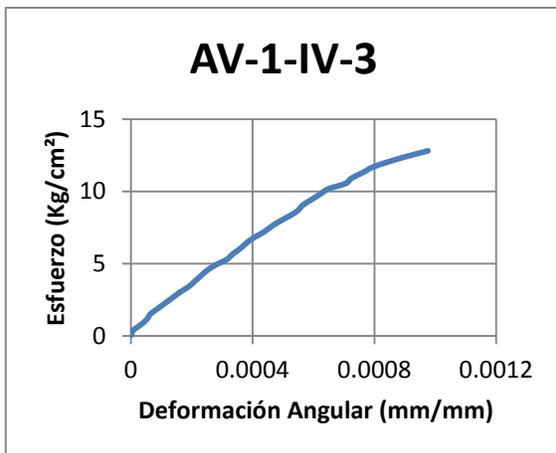


Figura 200 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-IV-3

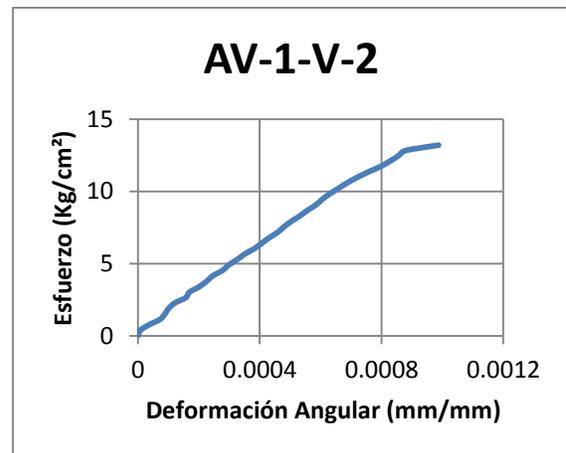


Figura 203 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-V-2

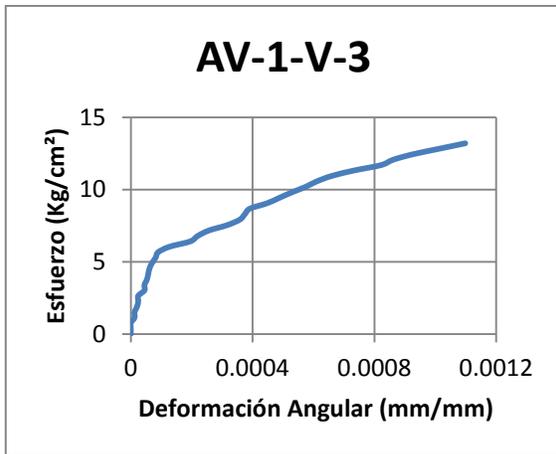


Figura 204 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-V-3

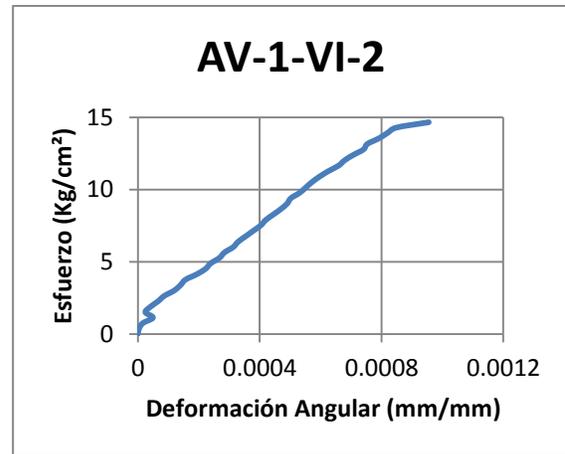


Figura 207 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-VI-2

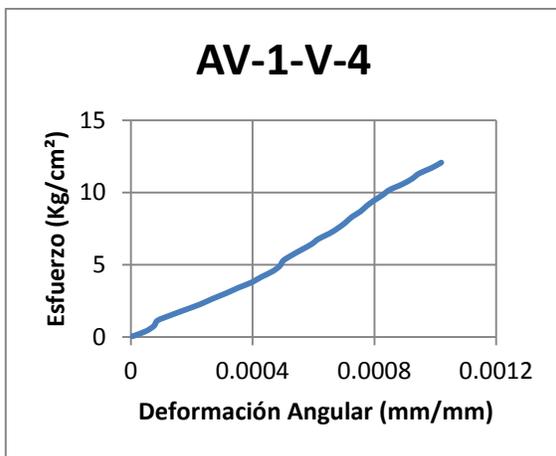


Figura 205 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-V-4

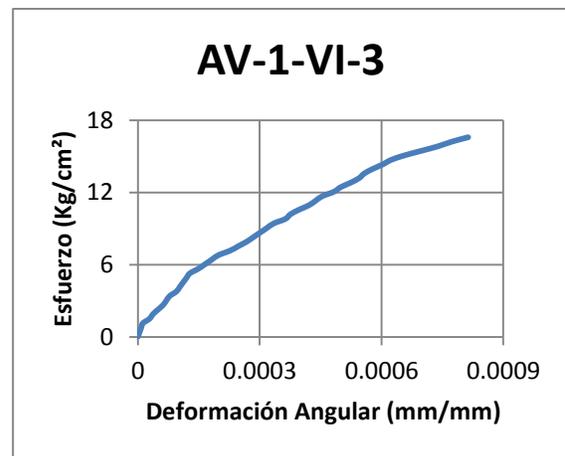


Figura 208 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-VI-3

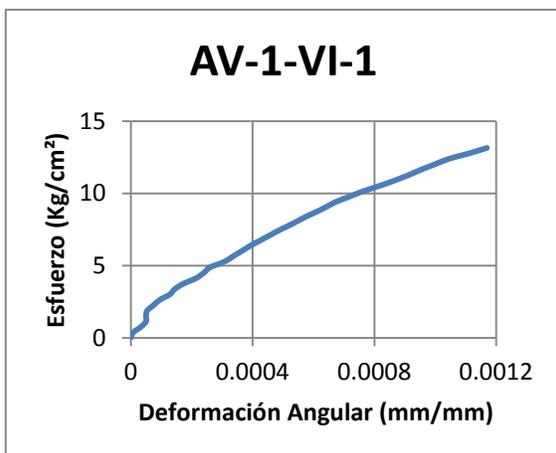


Figura 206 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-VI-1

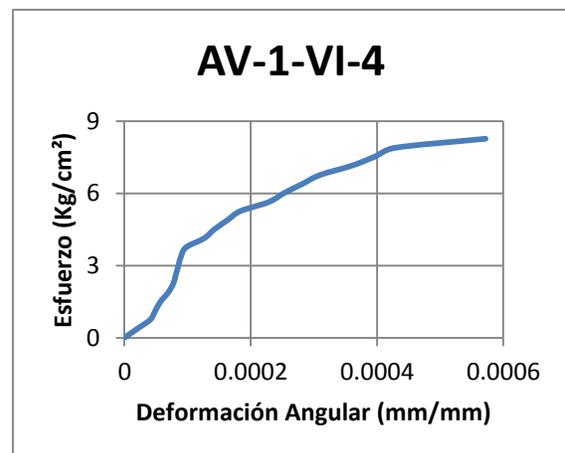


Figura 209 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 1-VI-4

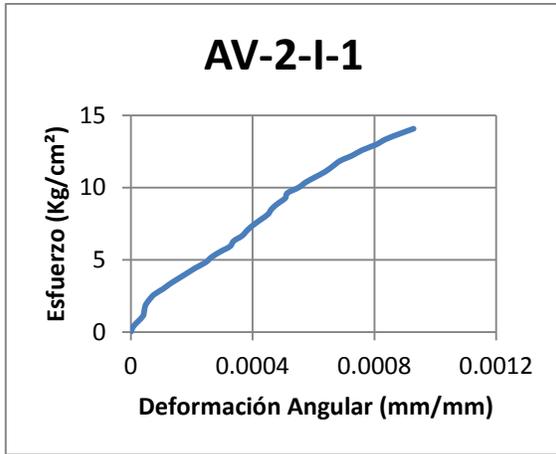


Figura 210 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-I-1

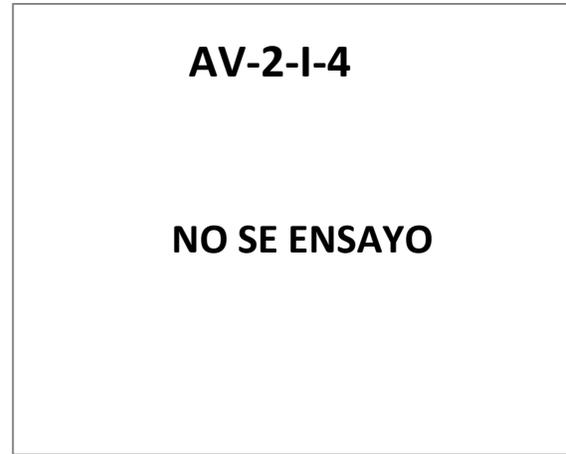


Figura 213 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-I-4

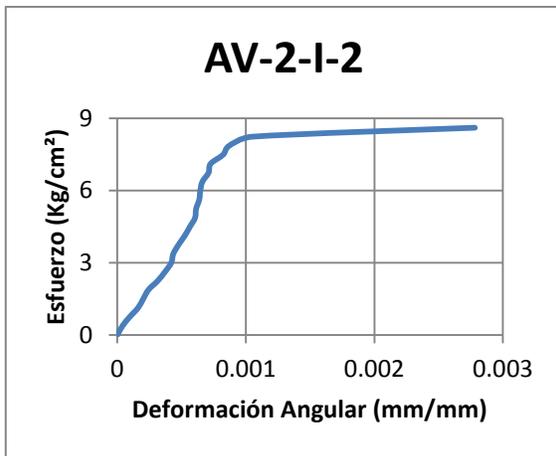


Figura 211 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-I-2

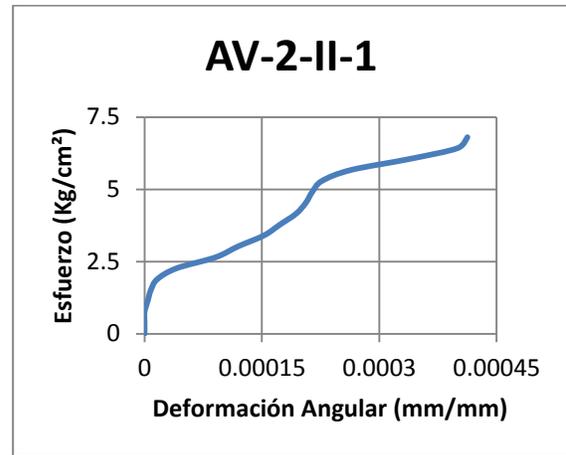


Figura 214 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-II-1

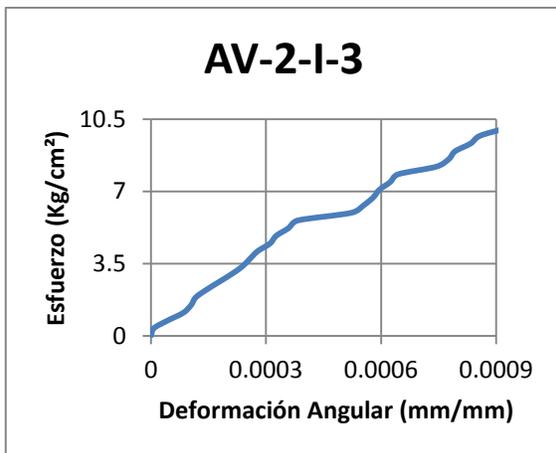


Figura 212 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-I-3

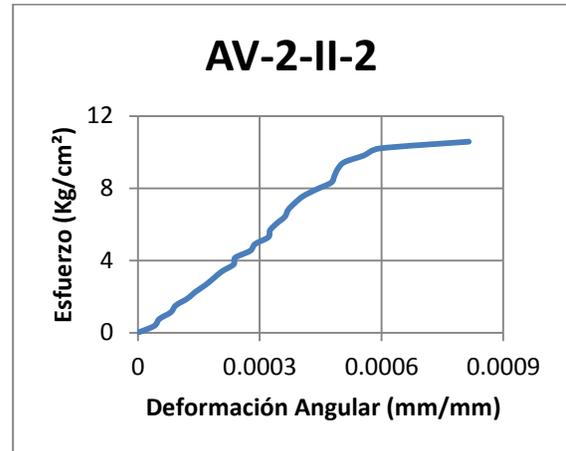


Figura 215 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-II-2

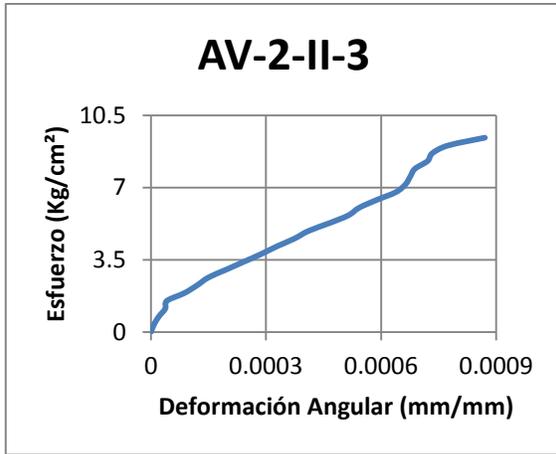


Figura 216 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-II-2

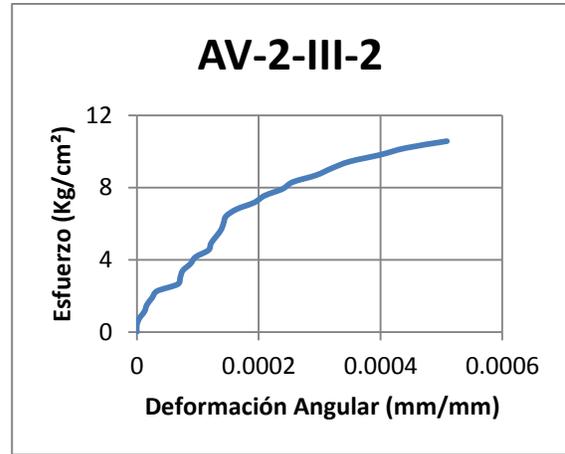


Figura 219 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-III-2

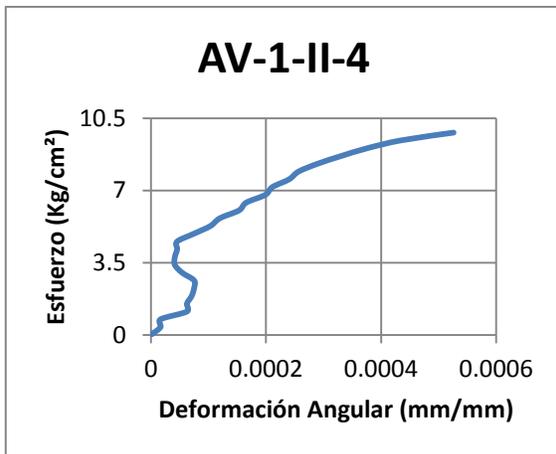


Figura 217 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-II-4

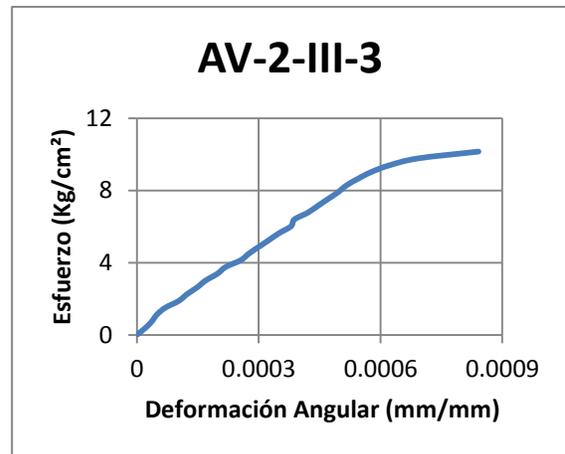


Figura 220 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-III-3

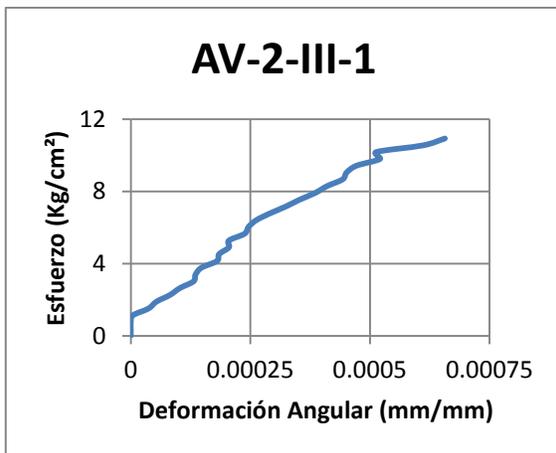


Figura 218 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-III-1

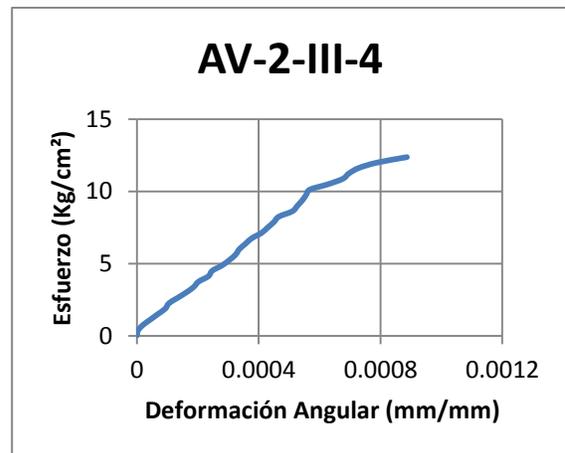


Figura 221 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-III-4

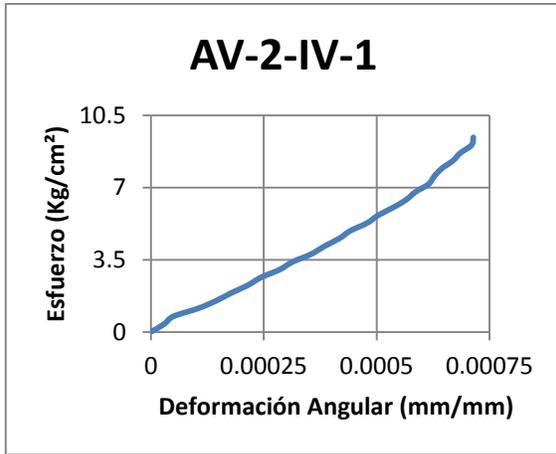


Figura 222 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-IV-1

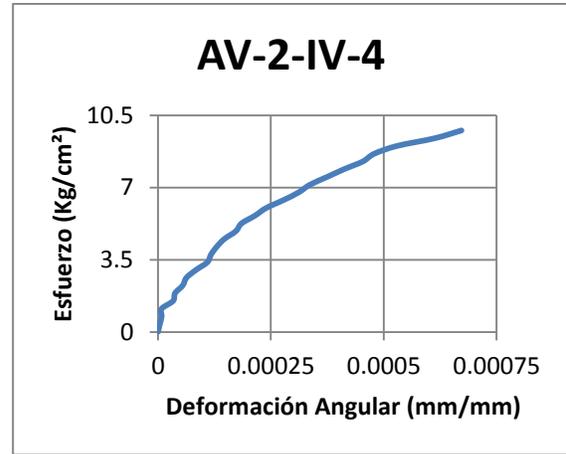


Figura 225 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-IV-4

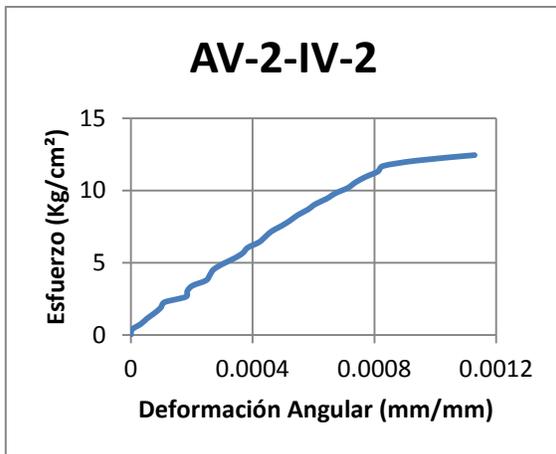


Figura 223 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-IV-2

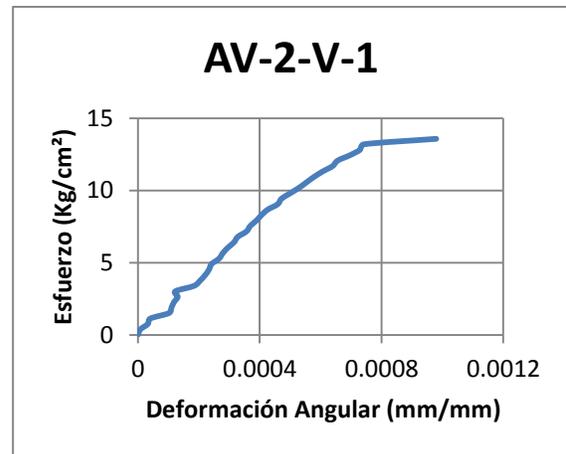


Figura 226 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-V-1

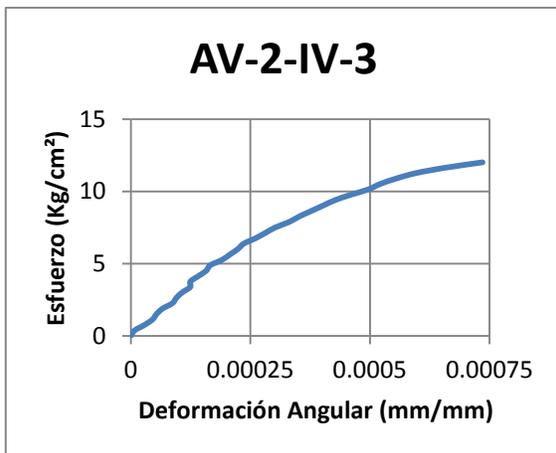


Figura 224 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-IV-3

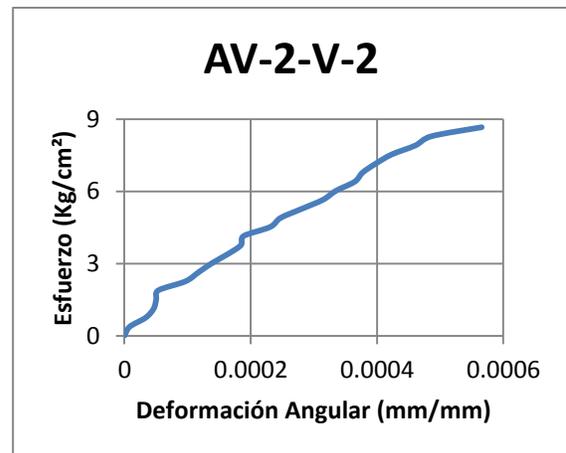


Figura 227 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-V-2

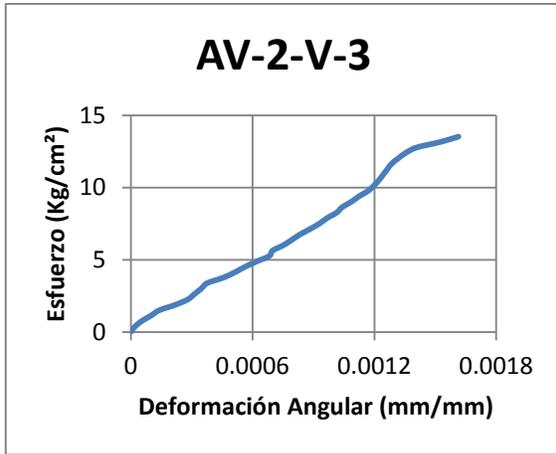


Figura 228 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-V-3

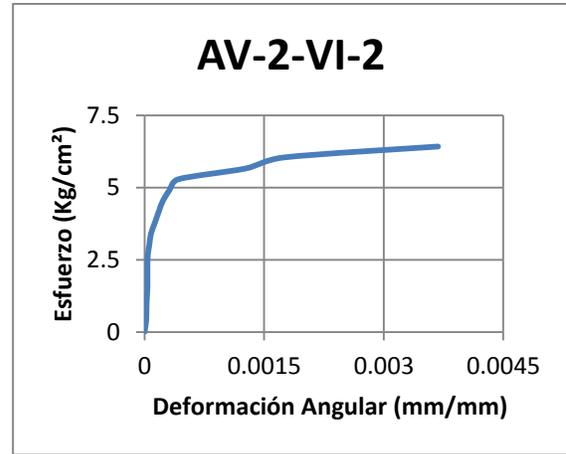


Figura 231 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-VI-2

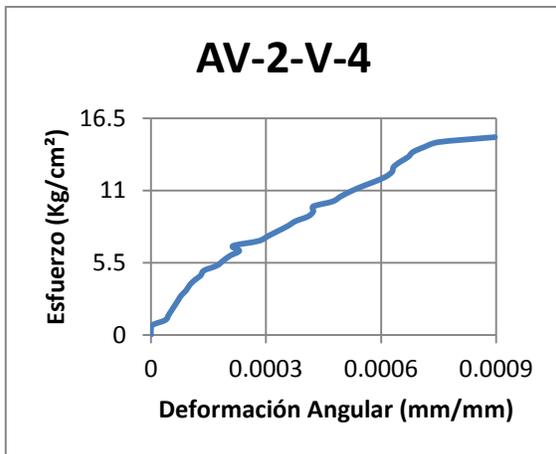


Figura 229 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-V-4

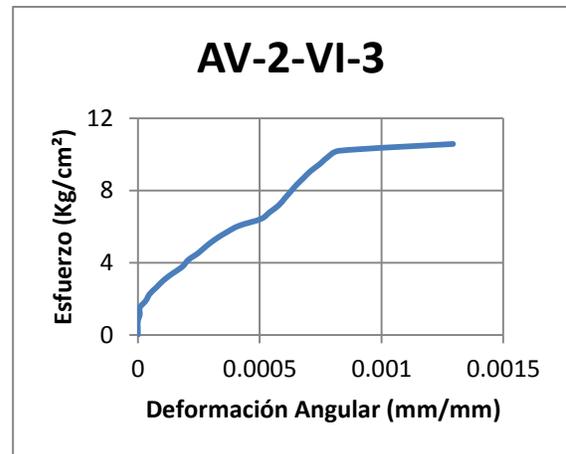


Figura 232 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-VI-3

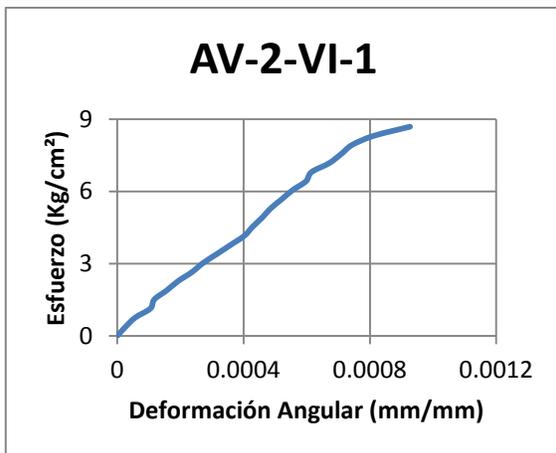


Figura 230 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-VI-1

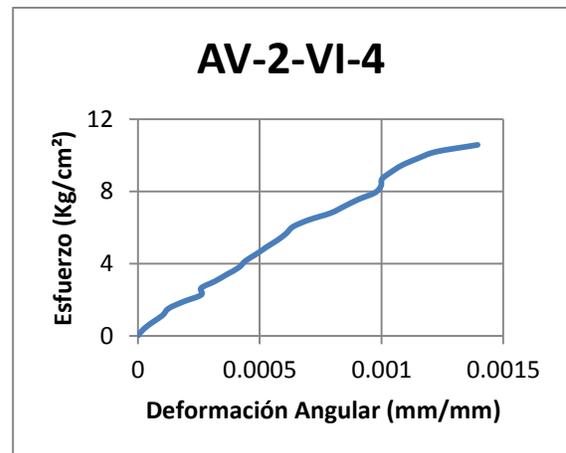


Figura 233 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 2-VI-4

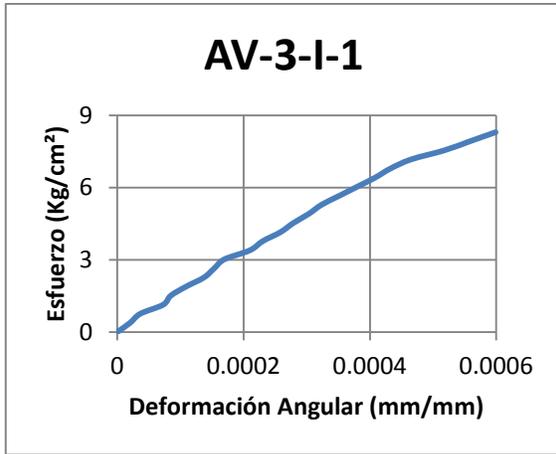


Figura 234 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-I-1

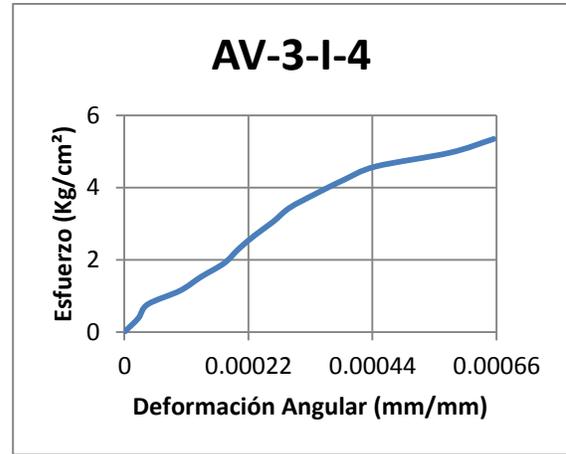


Figura 237 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-I-4

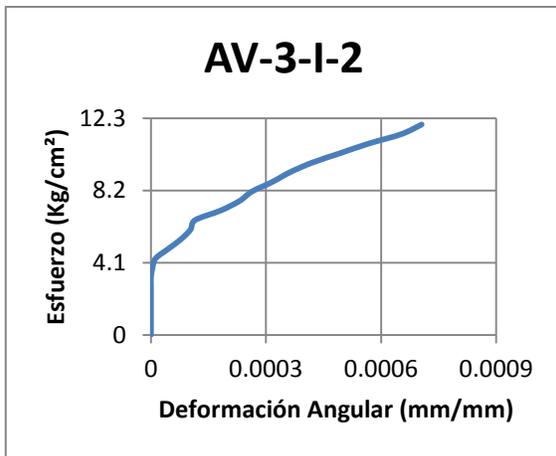


Figura 235 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-I-2

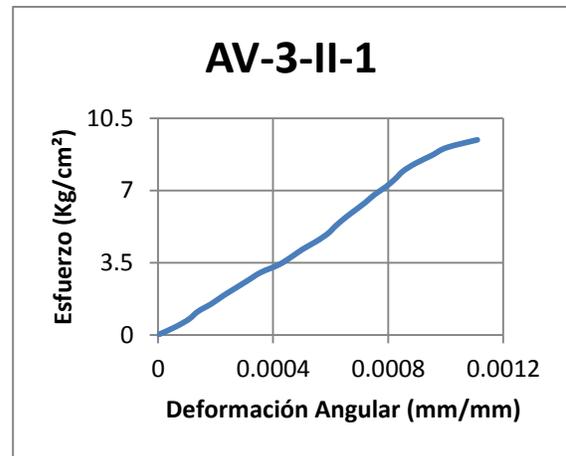


Figura 238 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-II-1

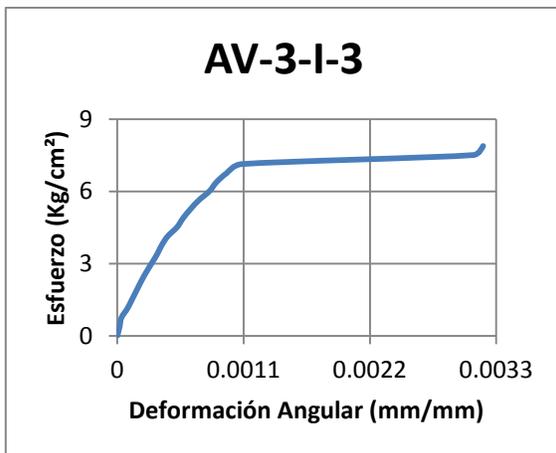


Figura 236 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-I-3

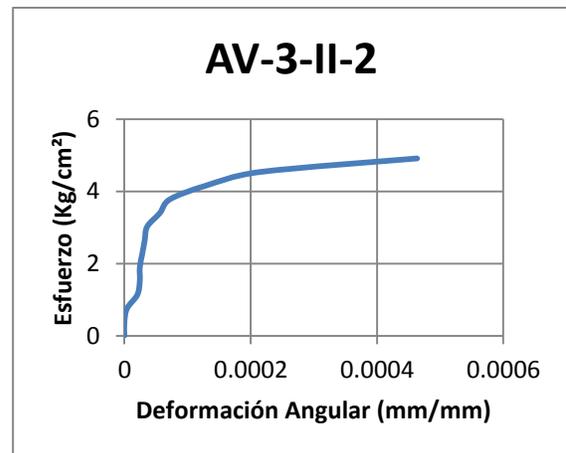


Figura 239 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-II-2

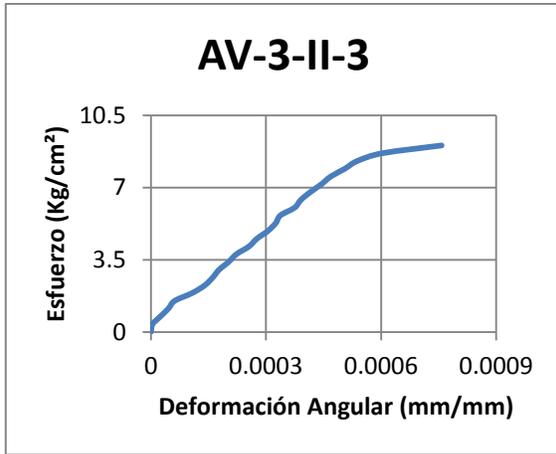


Figura 240 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-II-3

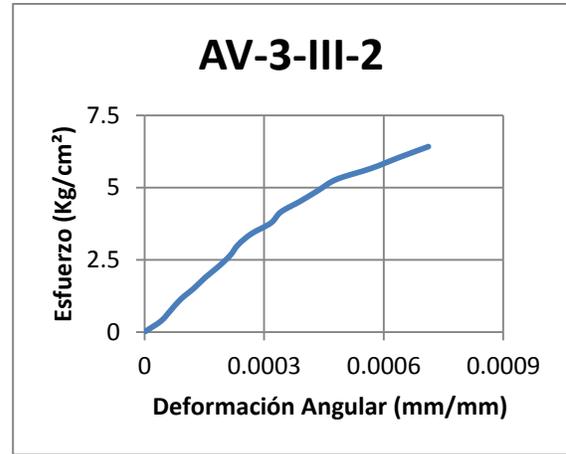


Figura 243 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-III-2

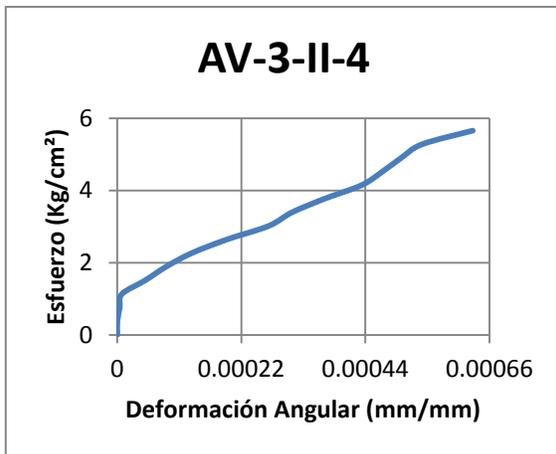


Figura 241 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-II-4

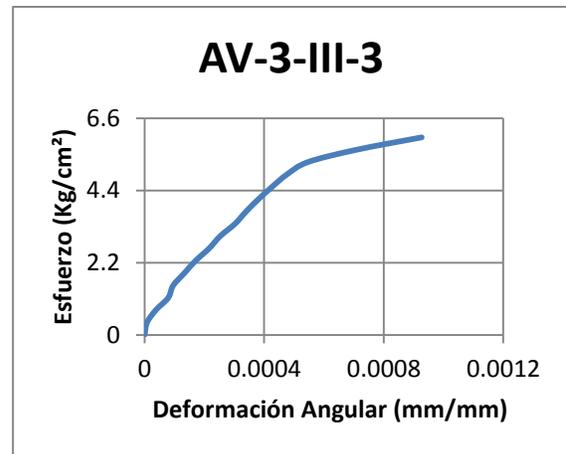


Figura 244 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-III-3

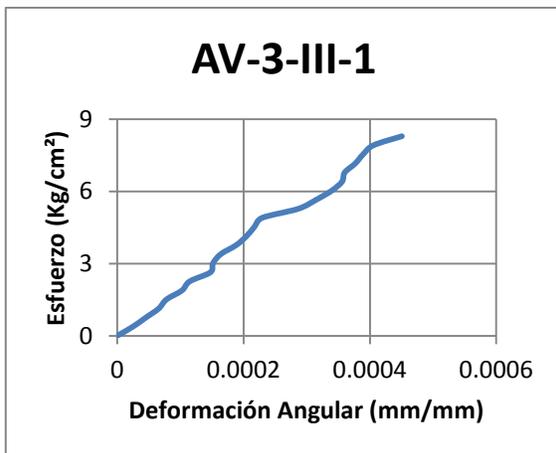


Figura 242 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-III-1

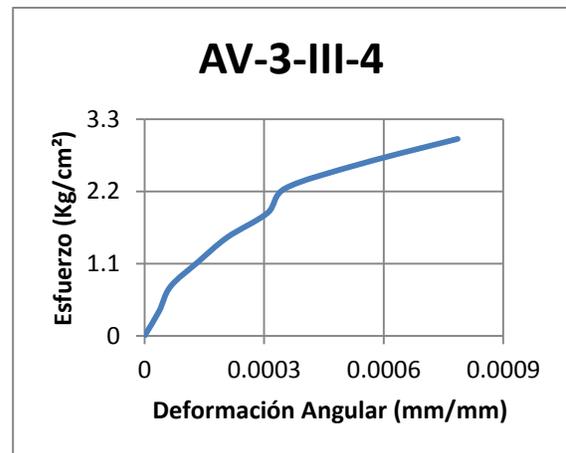


Figura 245 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-III-4

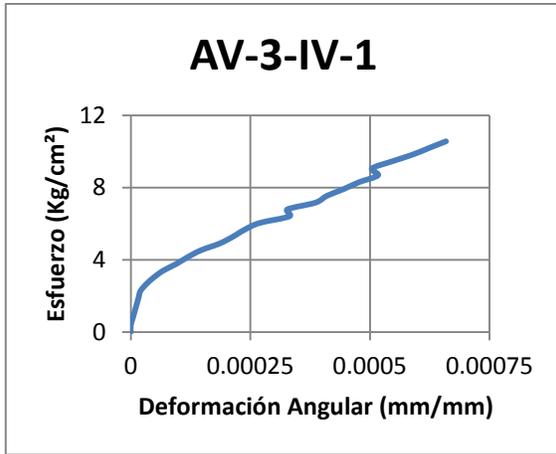


Figura 246 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-IV-1

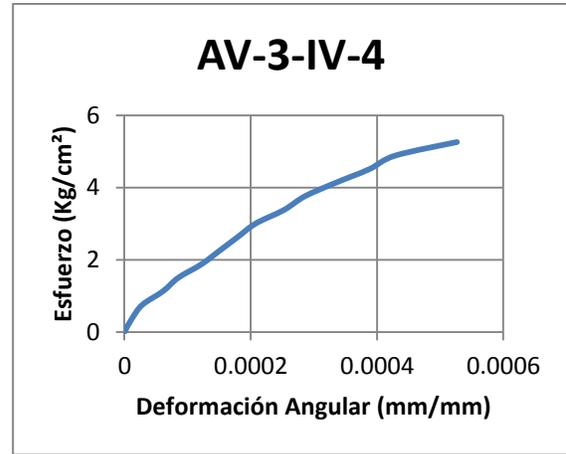


Figura 249 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-IV-4

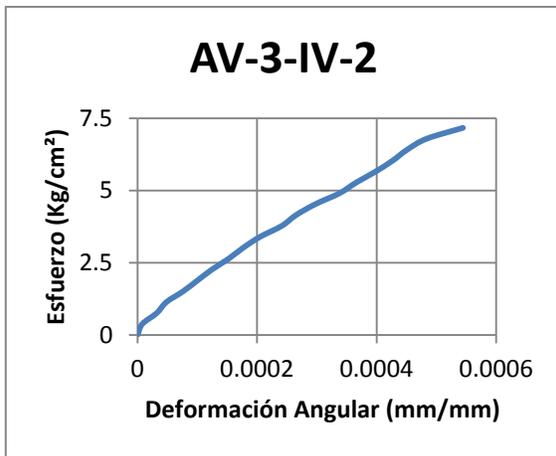


Figura 247 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-IV-2

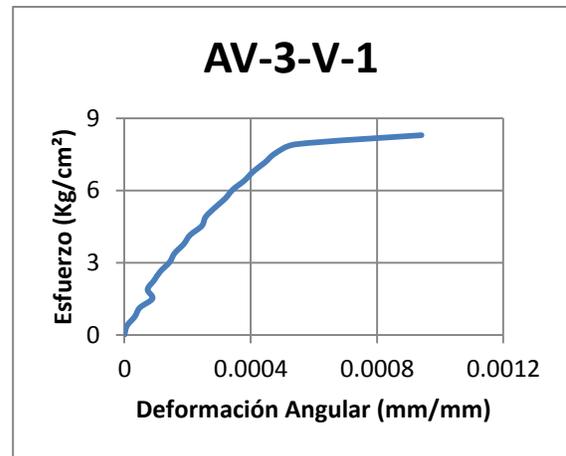


Figura 250 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-V-1

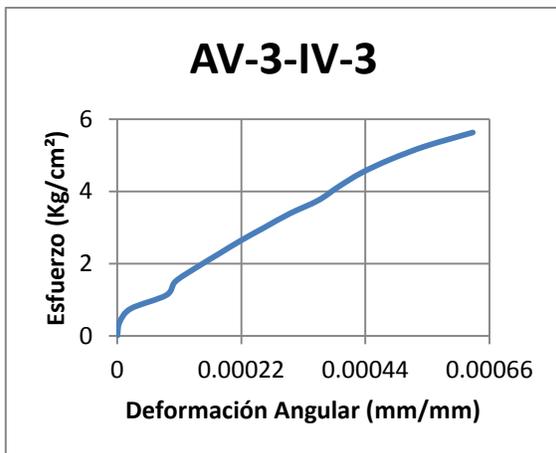


Figura 248 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-IV-3

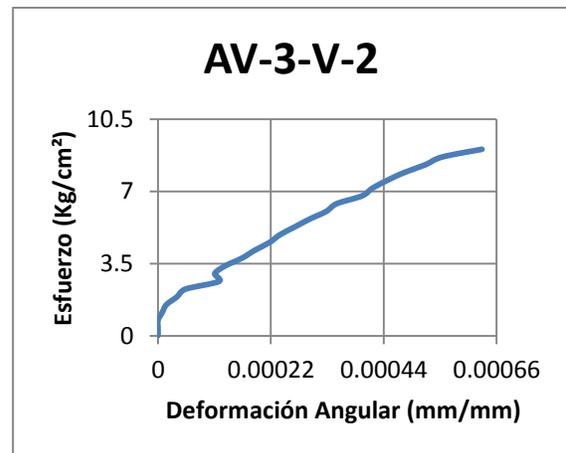


Figura 251 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-V-2

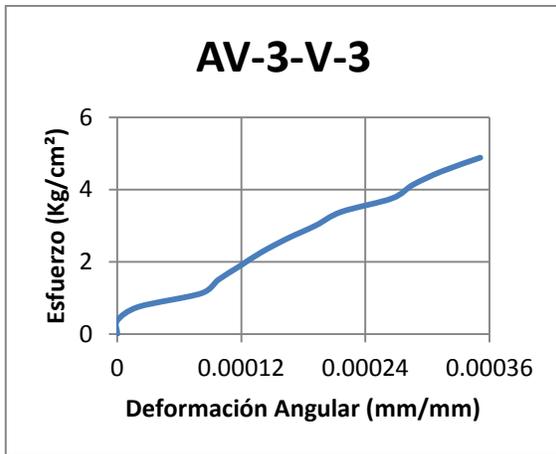


Figura 252 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-V-3

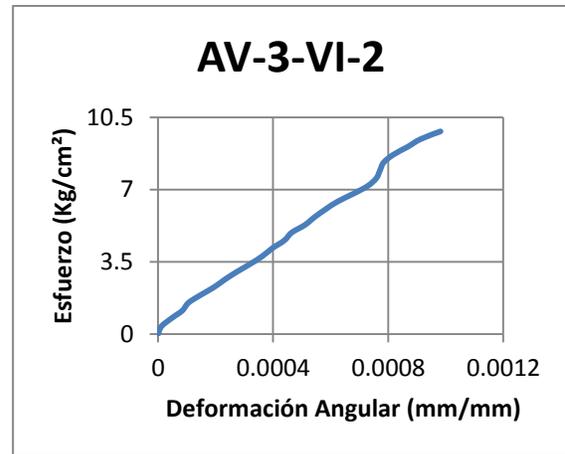


Figura 255 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-VI-2

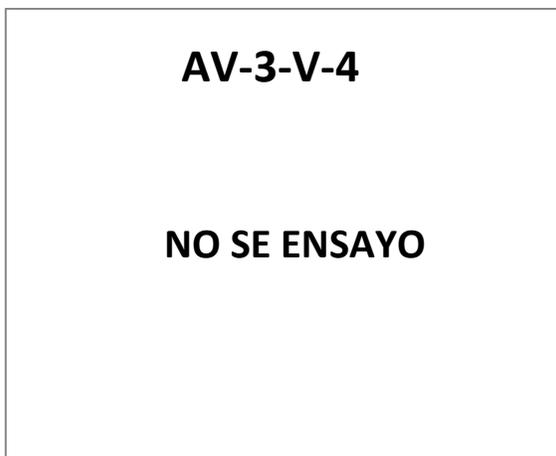


Figura 253 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-V-4

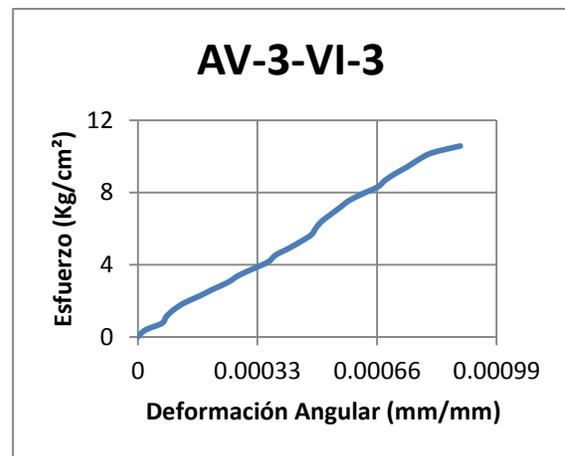


Figura 256 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-VI-3

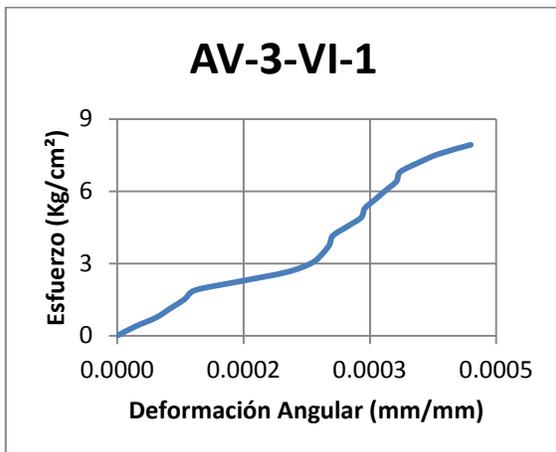


Figura 254 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-VI-1

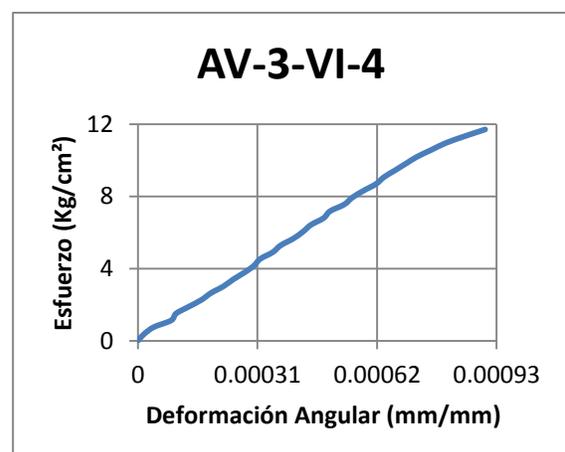


Figura 257 Gráfica esfuerzo-deformación M AV 3-VI-4

APENDICE C

APENDICE D

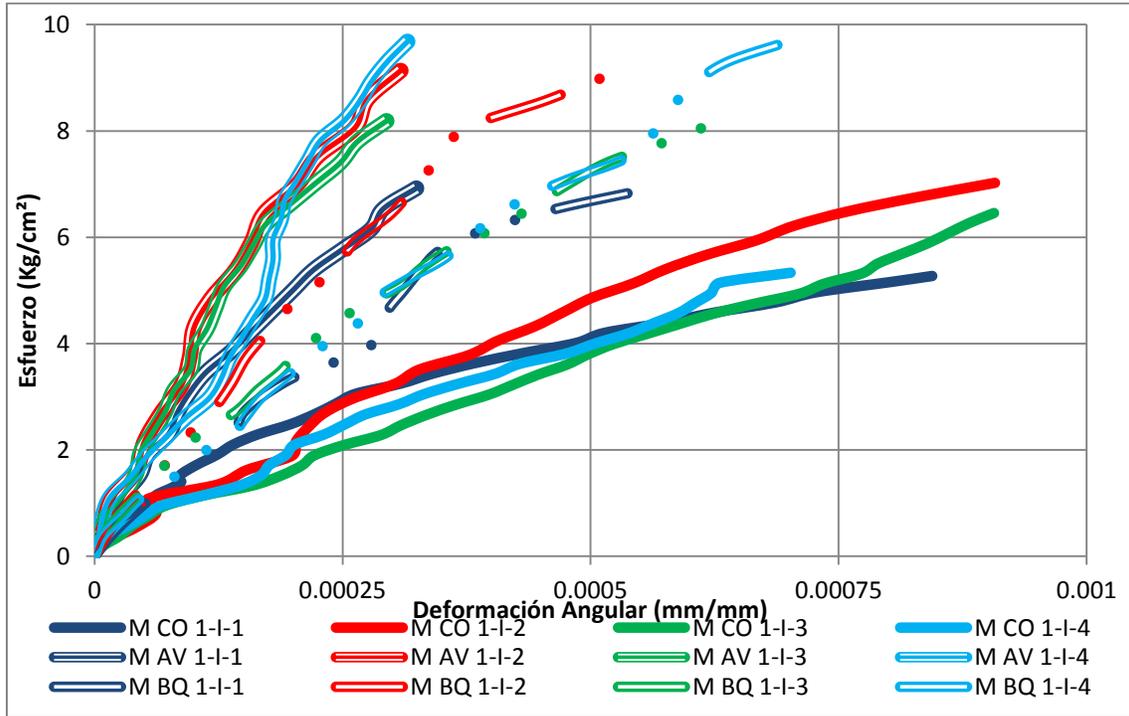


Figura 258 Graficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla I.

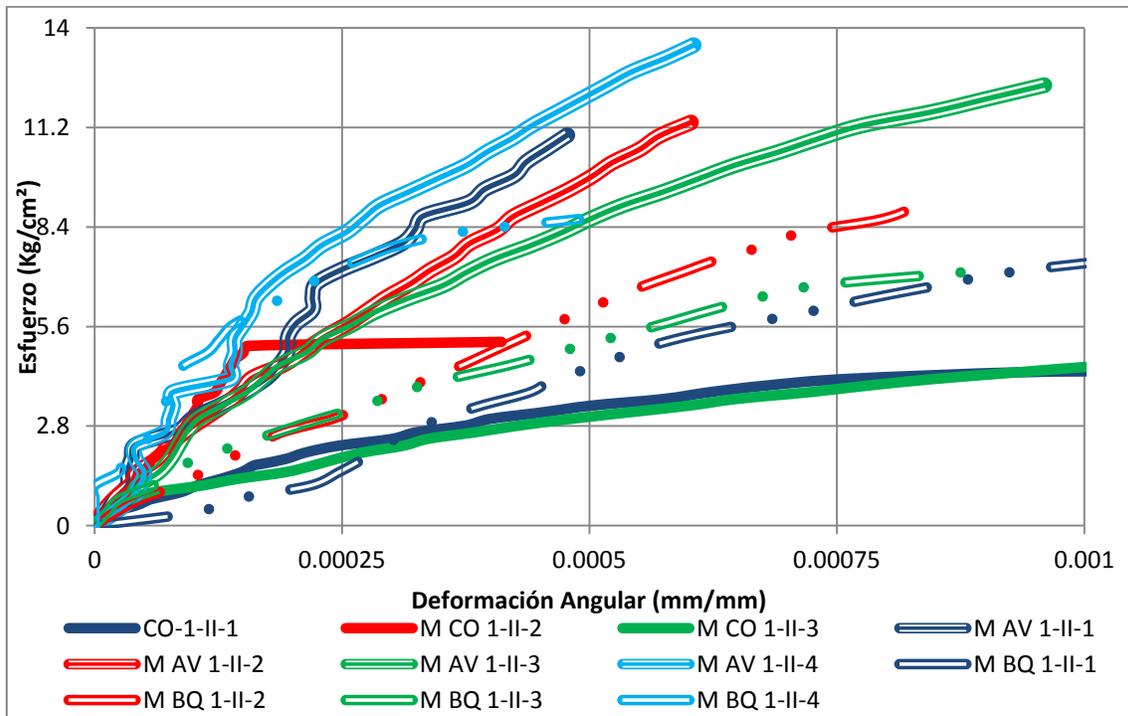


Figura 259 Graficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla II.

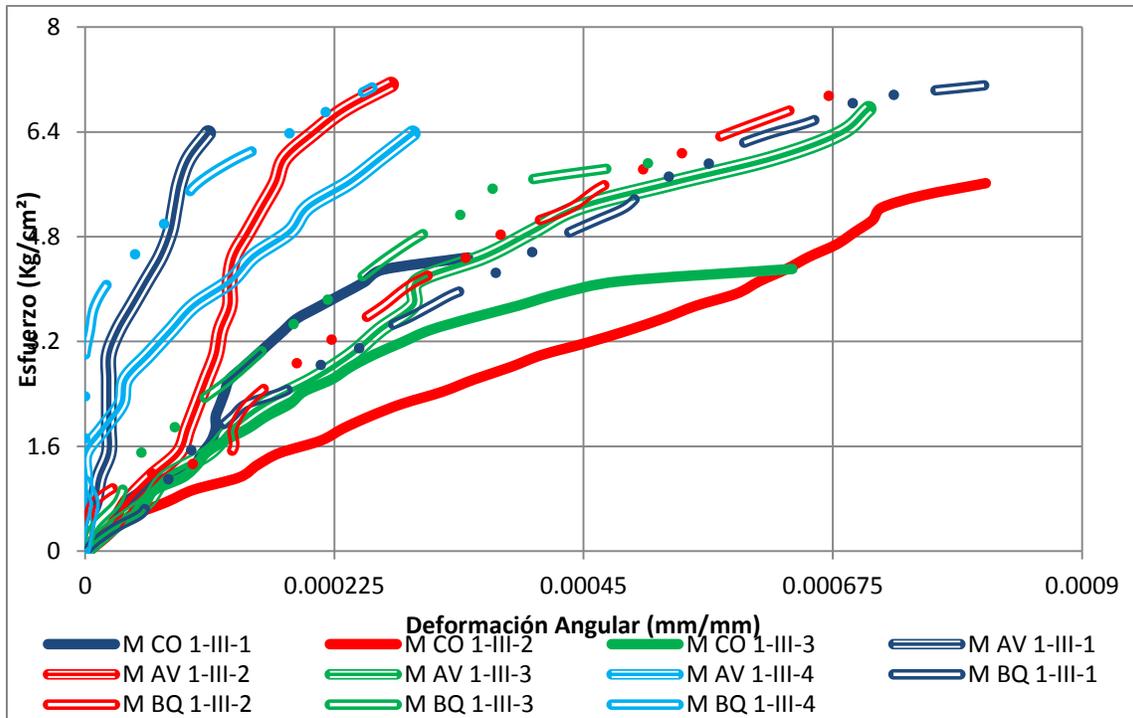


Figura 260 Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla III.

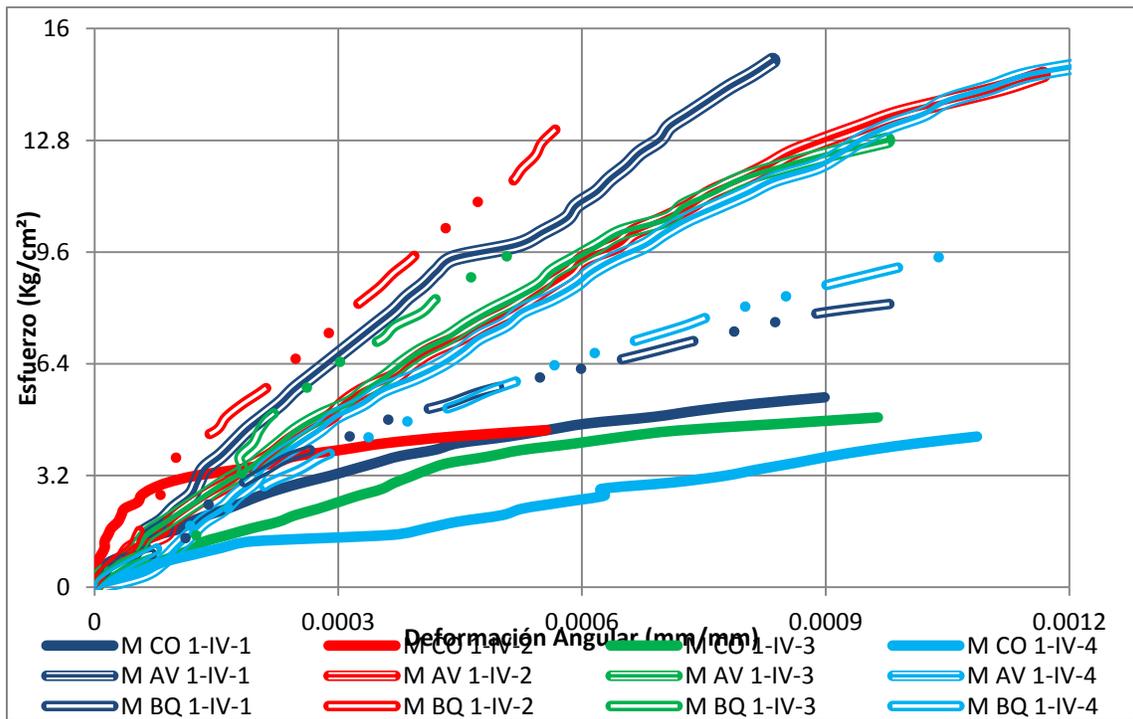


Figura 261 Gráficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla IV.

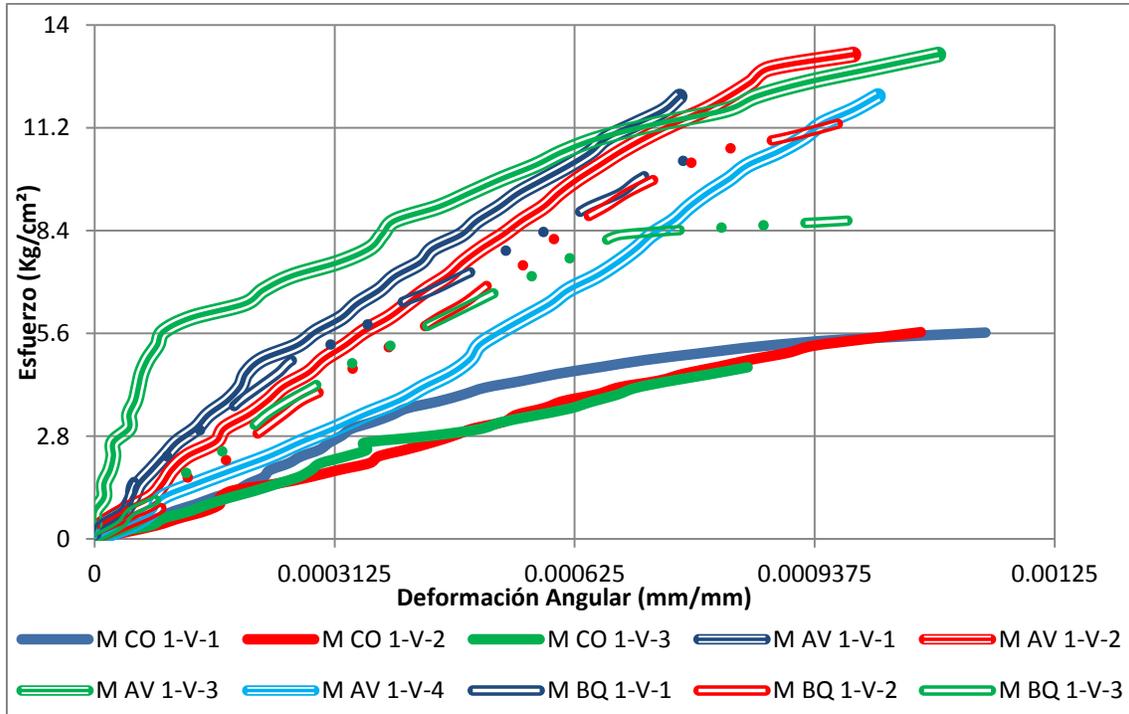


Figura 262 Graficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla V.

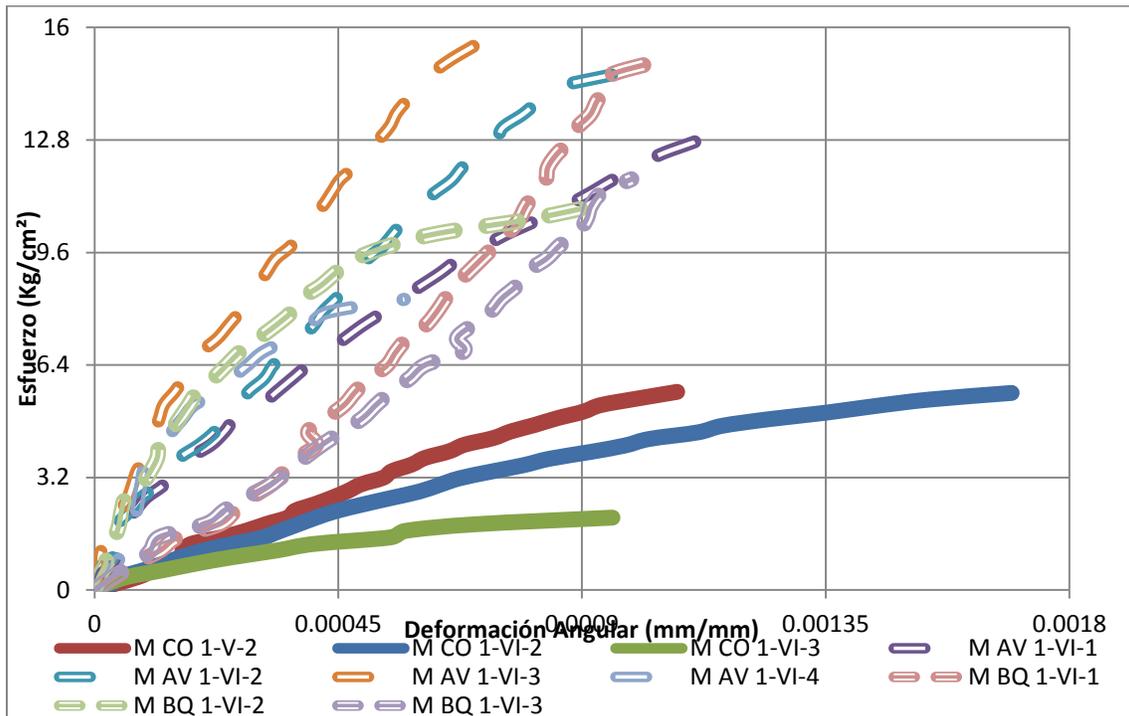


Figura 263 Graficas Esfuerzo-deformación 3 proveedores, lote 1, mezcla VI.

APENDICE E

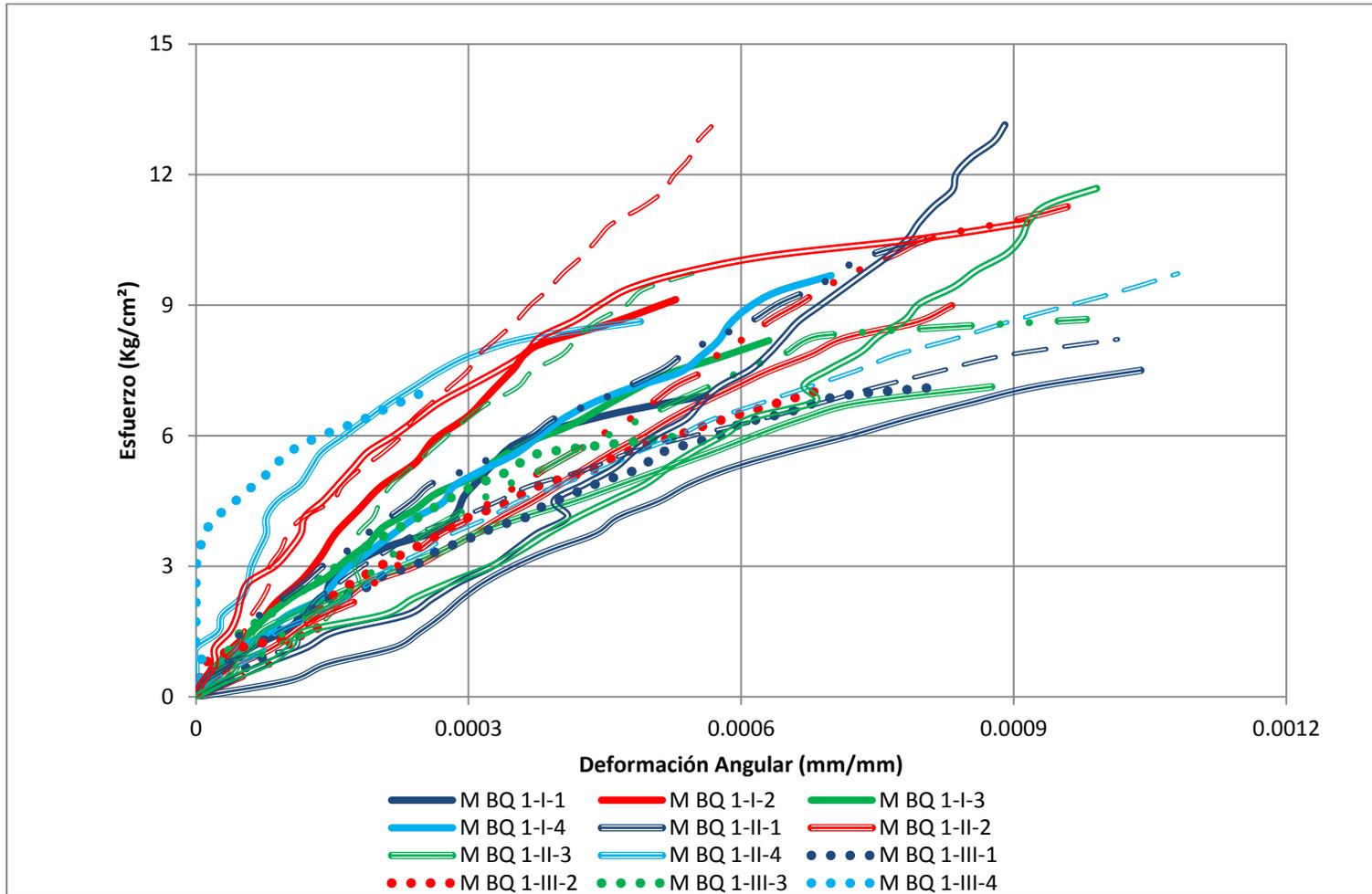


Figura 264 Grafica Esfuerzo-deformación BQ Lote 1, 6 mezclas.

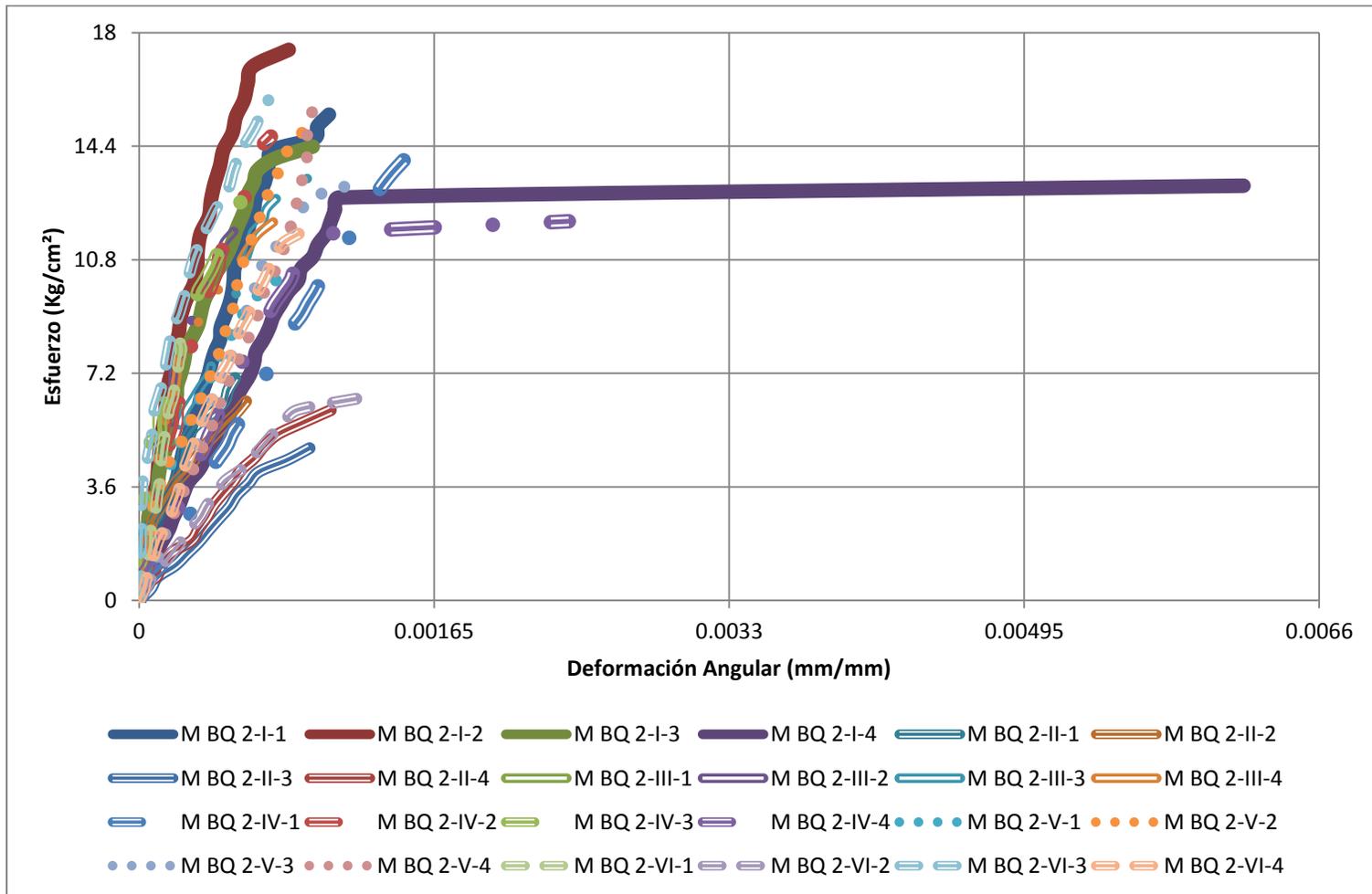


Figura 265 Figura 266 Gráfica Esfuerzo-deformación BQ Lote 2, 6 mezclas.

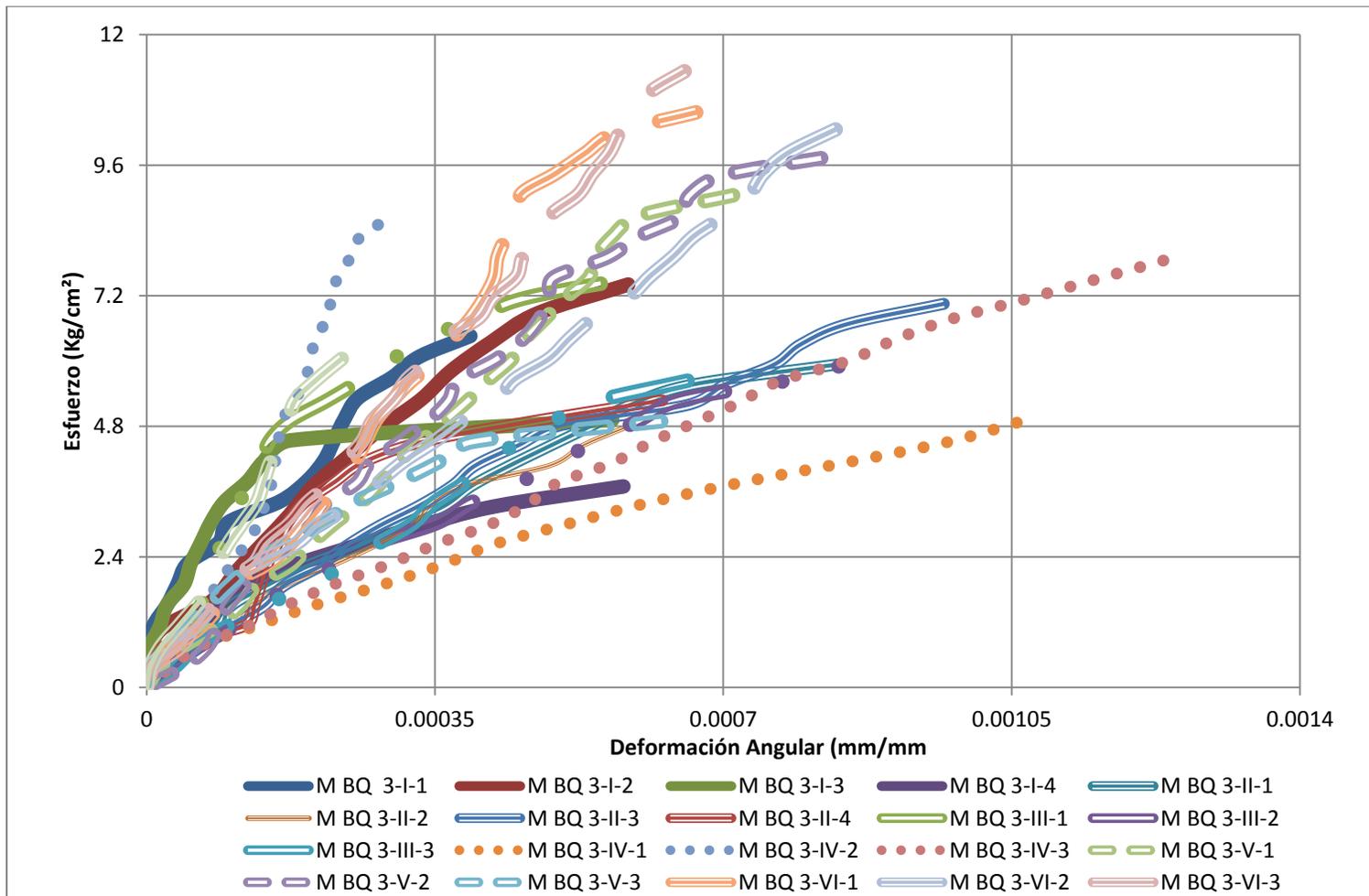


Figura 267 Gráfica Esfuerzo-deformación BQ Lote 3, 6 mezclas.

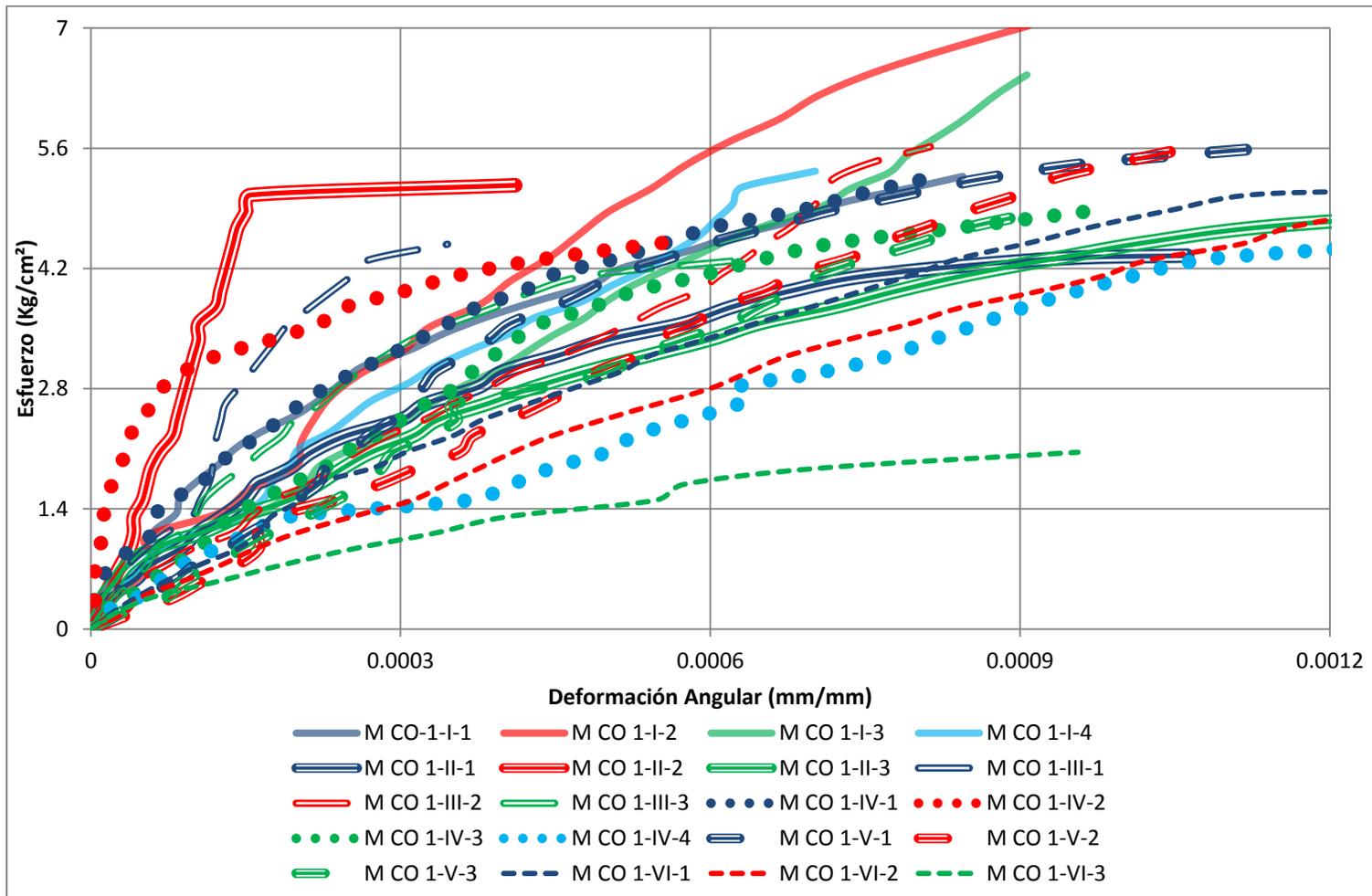


Figura 268 Gráfica Esfuerzo-deformación CO Lote 1, 6 mezclas.

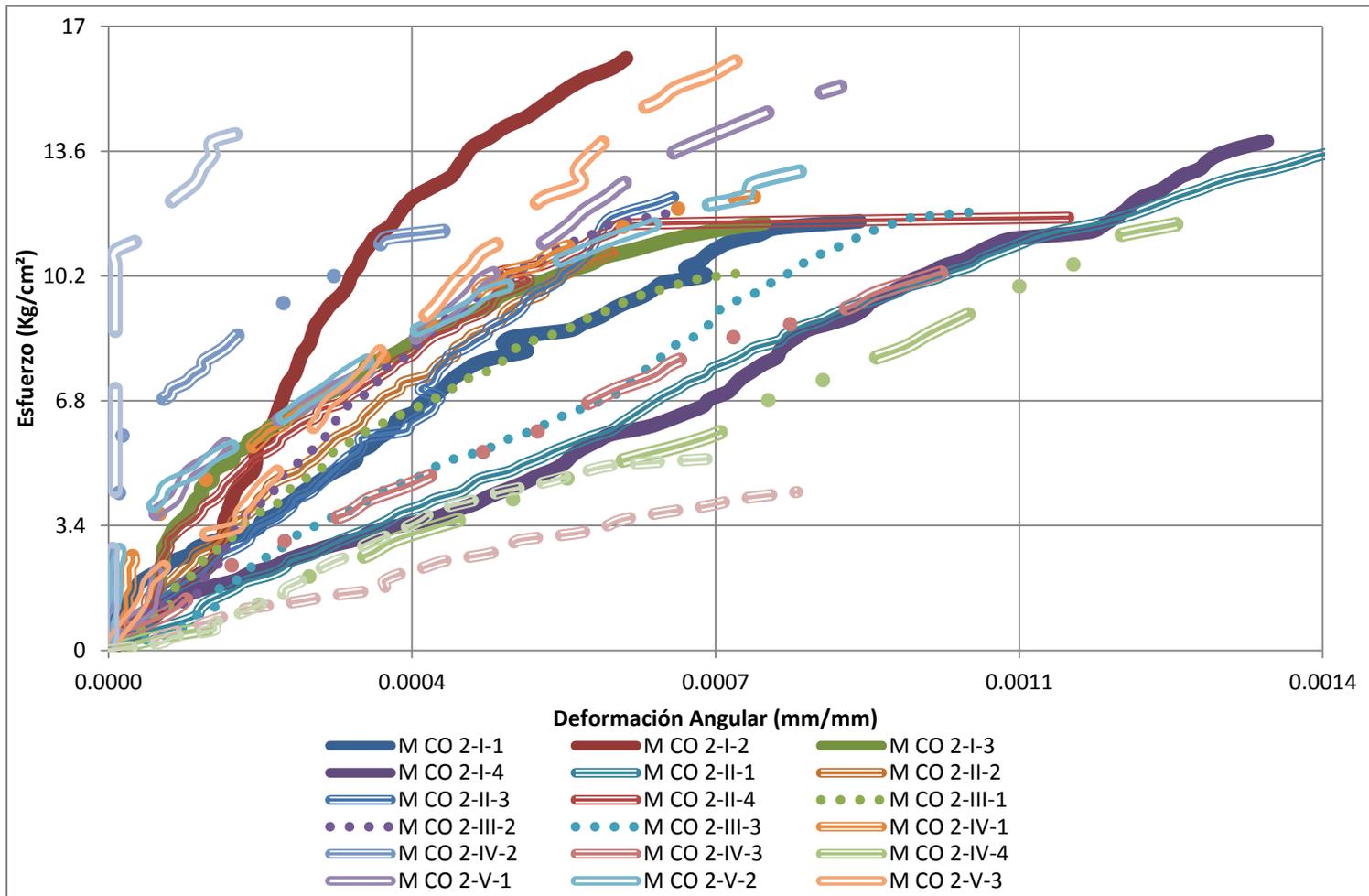


Figura 269 Gráfica Esfuerzo-deformación CO Lote 2, 6 mezclas.

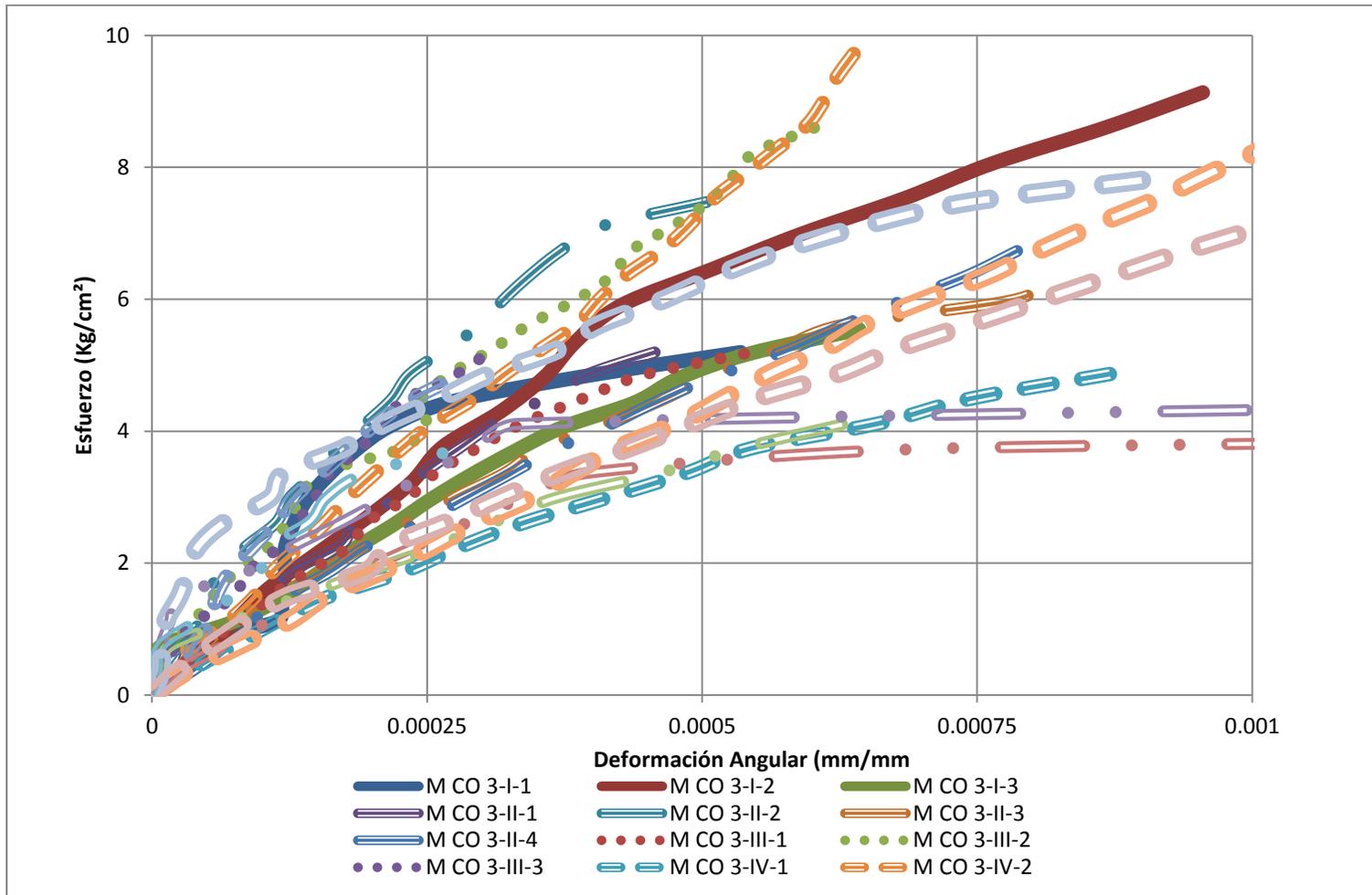


Figura 270 Gráfica Esfuerzo-deformación CO Lote 3, 6 mezclas.

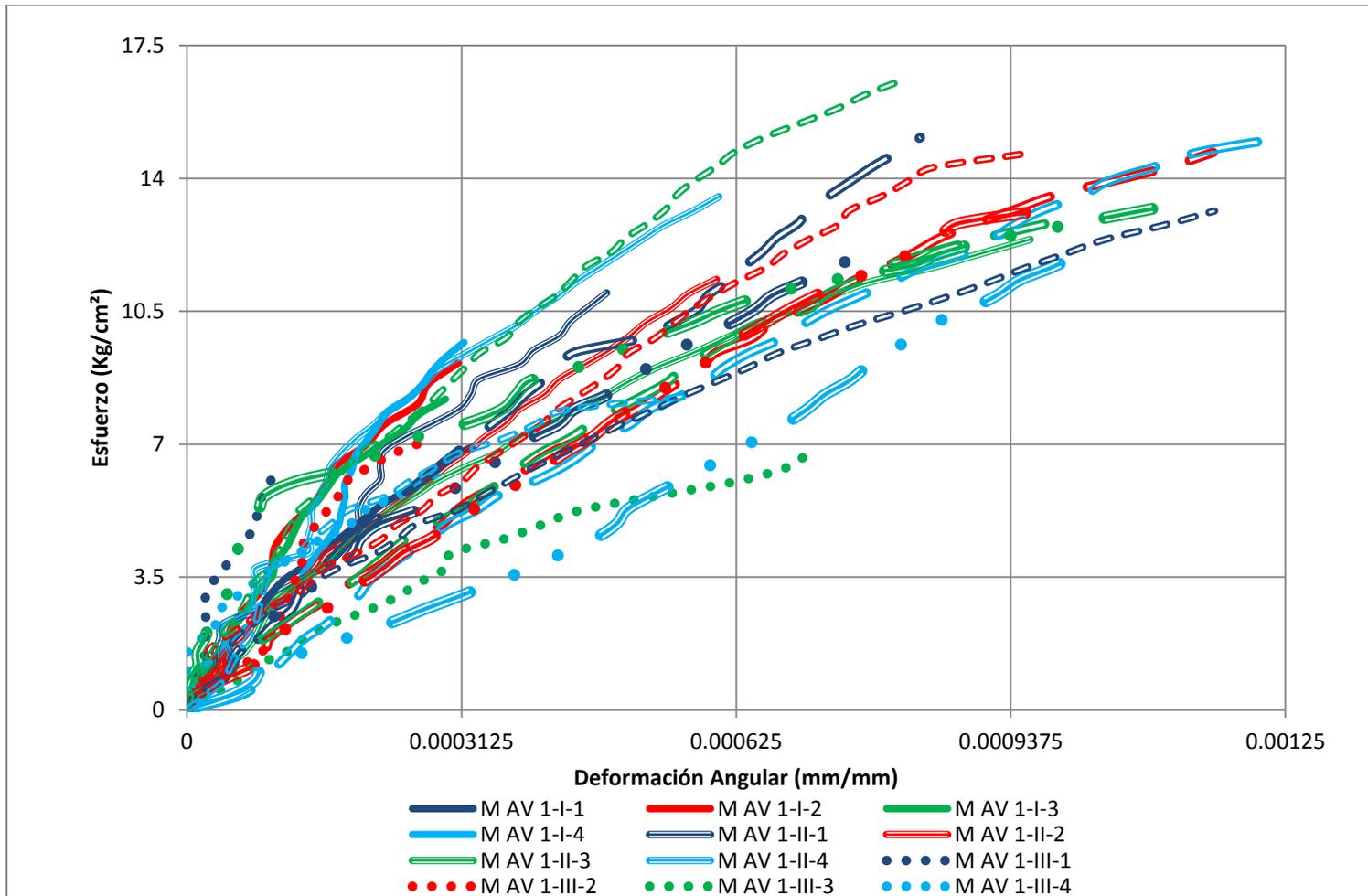


Figura 271 Gráfica Esfuerzo-deformación AV Lote 1, 6 mezclas.

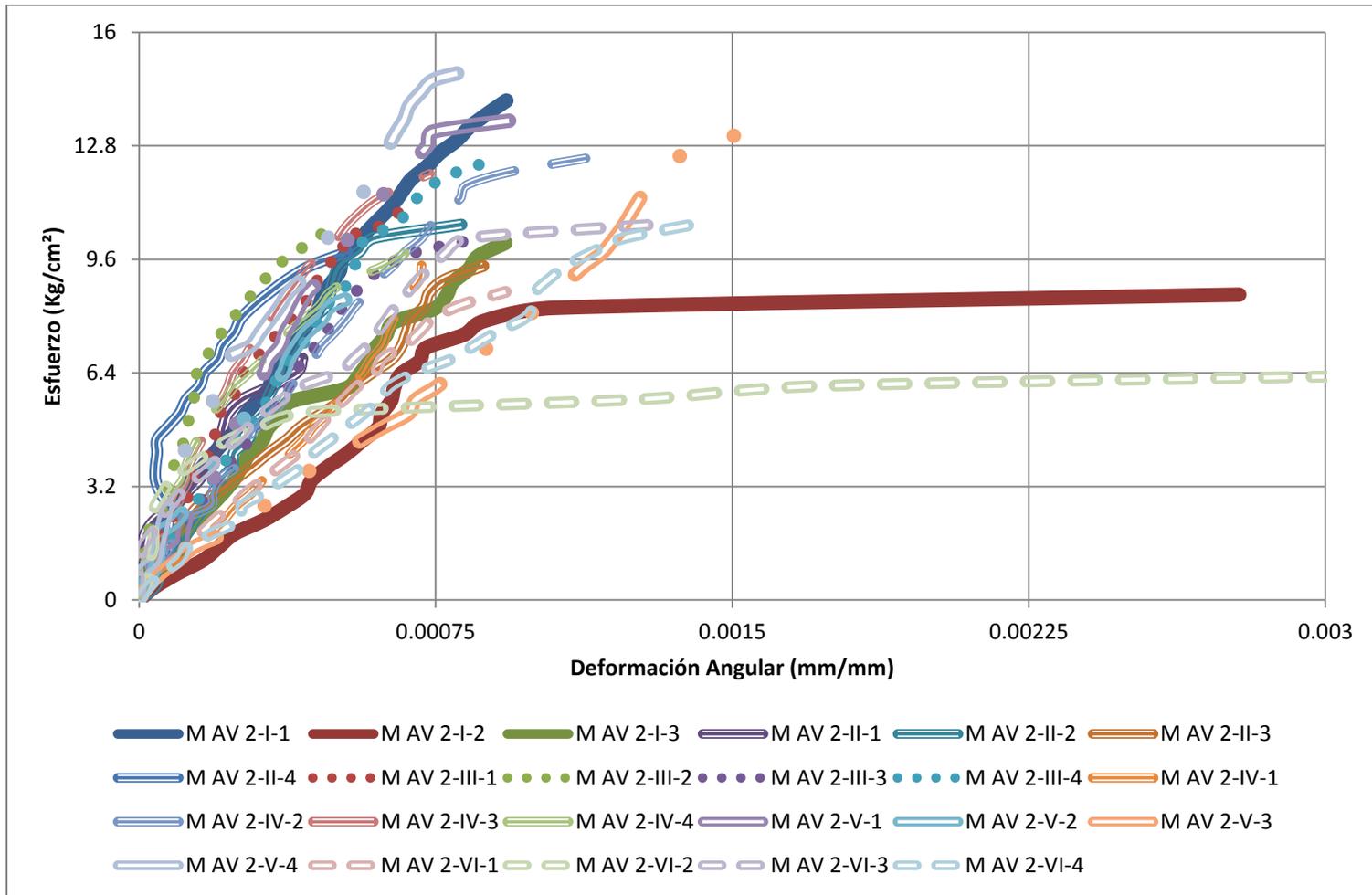


Figura 272 Gráfica Esfuerzo-deformación AV Lote 2, 6 mezclas.

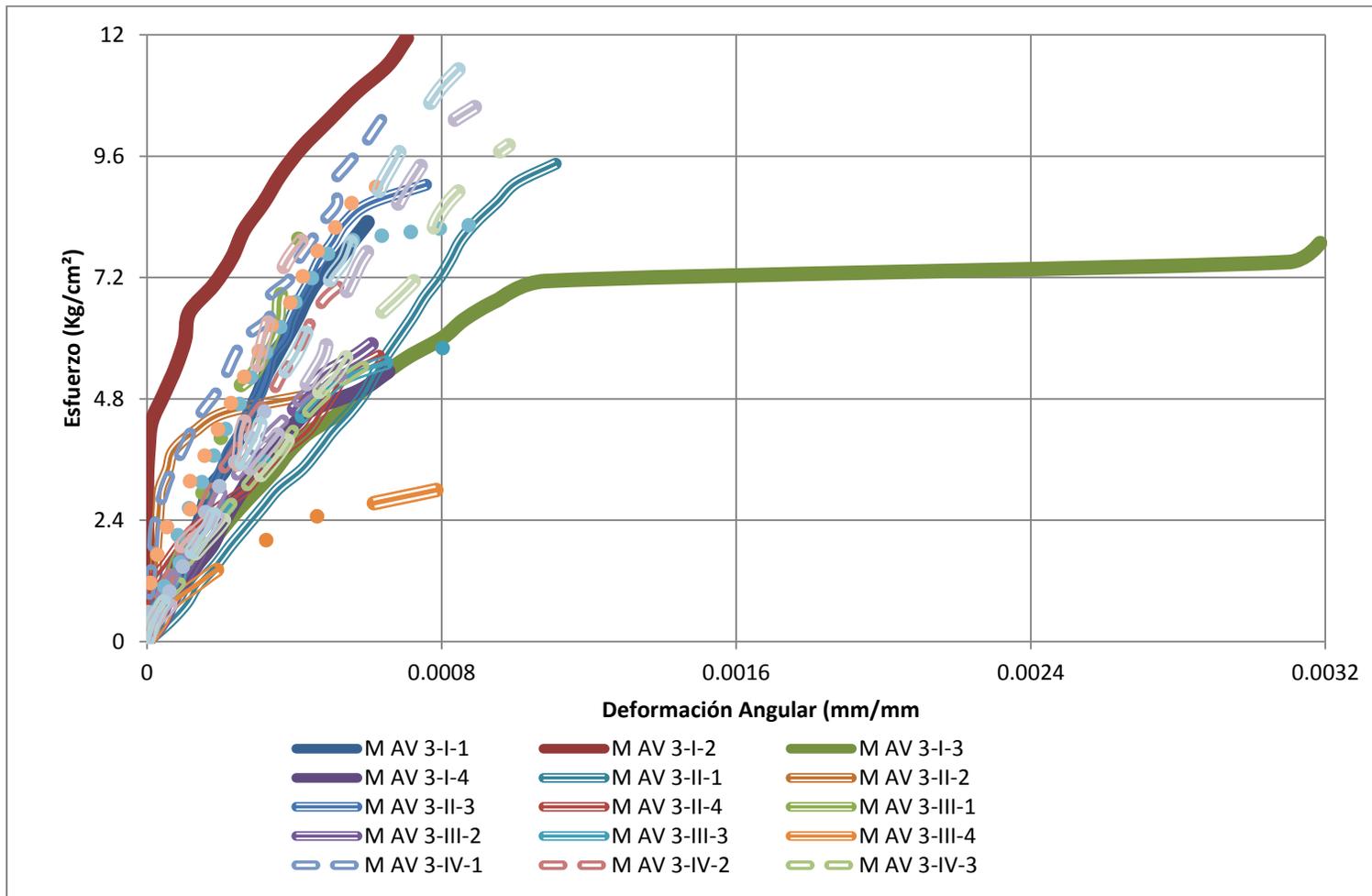


Figura 273 Gráfica Esfuerzo-deformación AV Lote 3, 6 mezclas.

APENDICE F

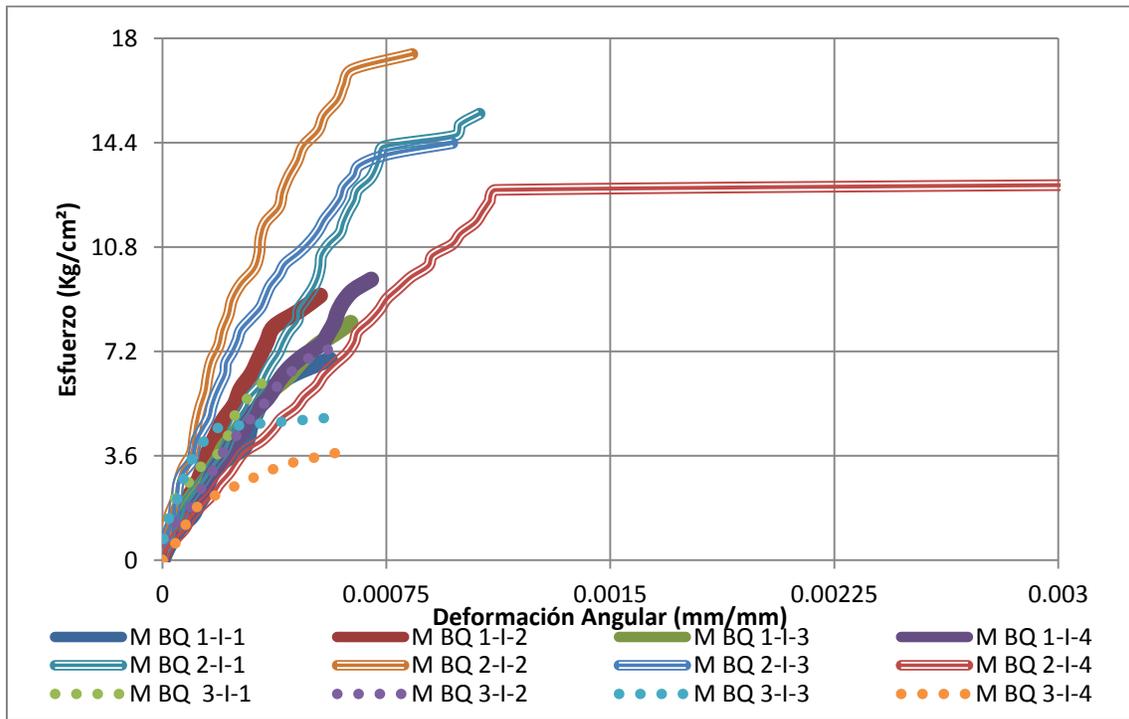


Figura 274 Gráficas Esfuerzo-deformación BQ, 3 lotes, mezcla I.

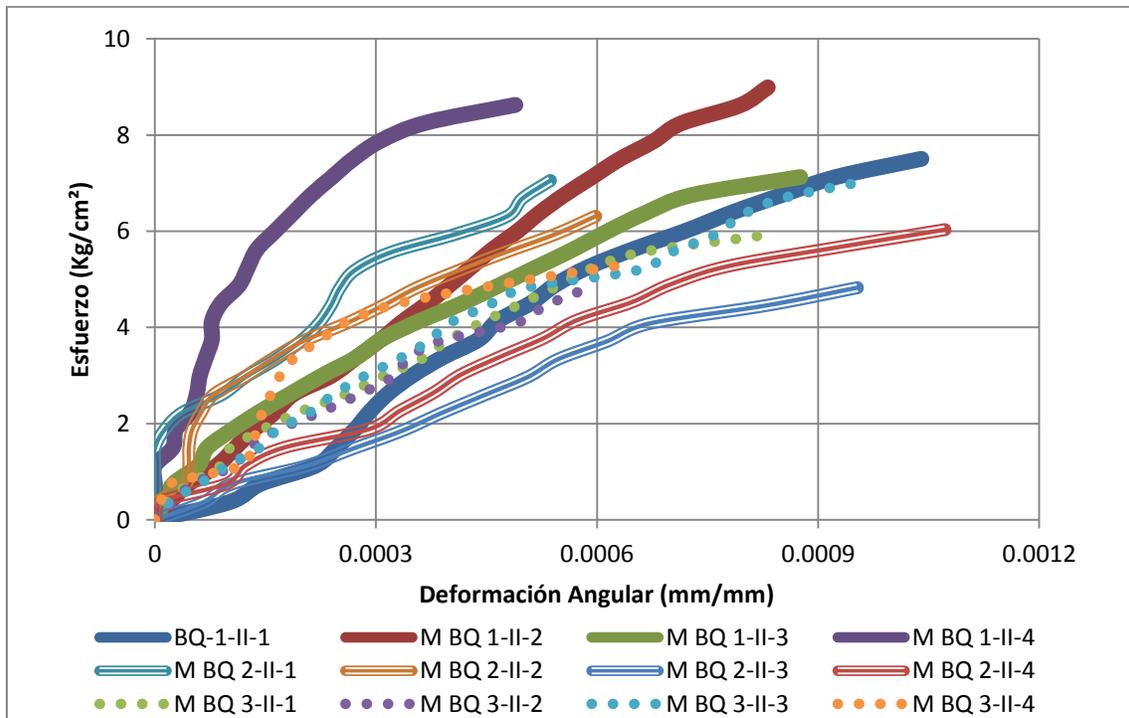


Figura 275 Gráficas Esfuerzo-deformación BQ, 3 lotes, mezcla II.

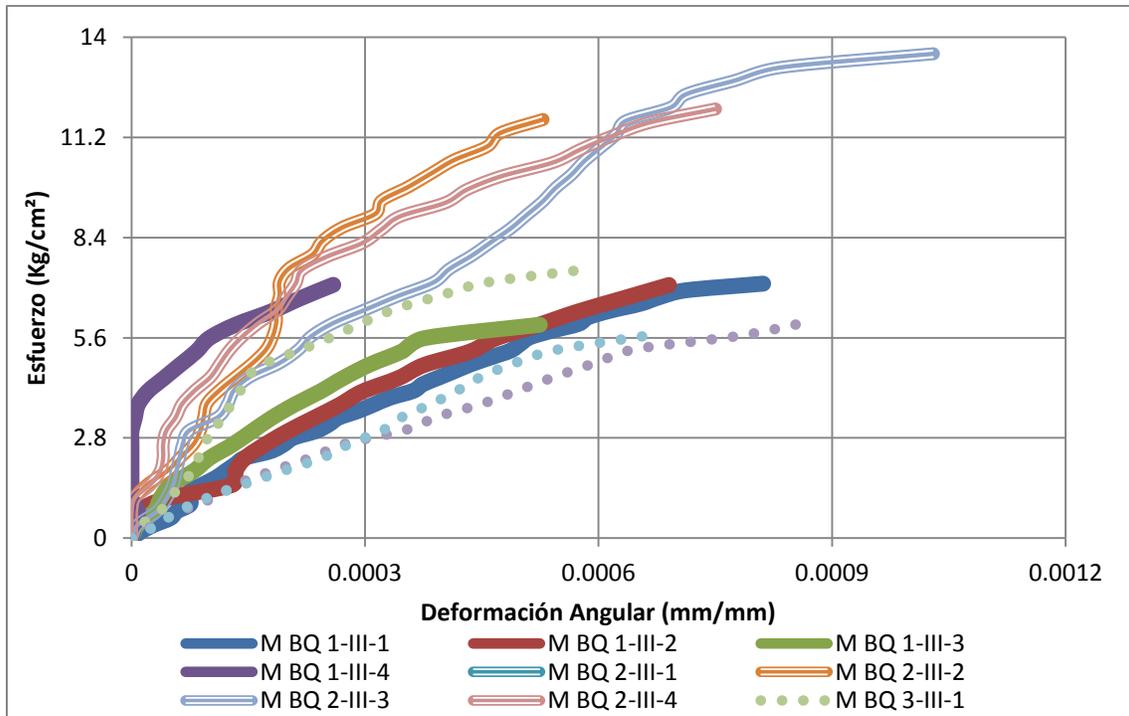


Figura 276 Gráficas Esfuerzo-deformación BQ, 3 lotes, mezcla III.

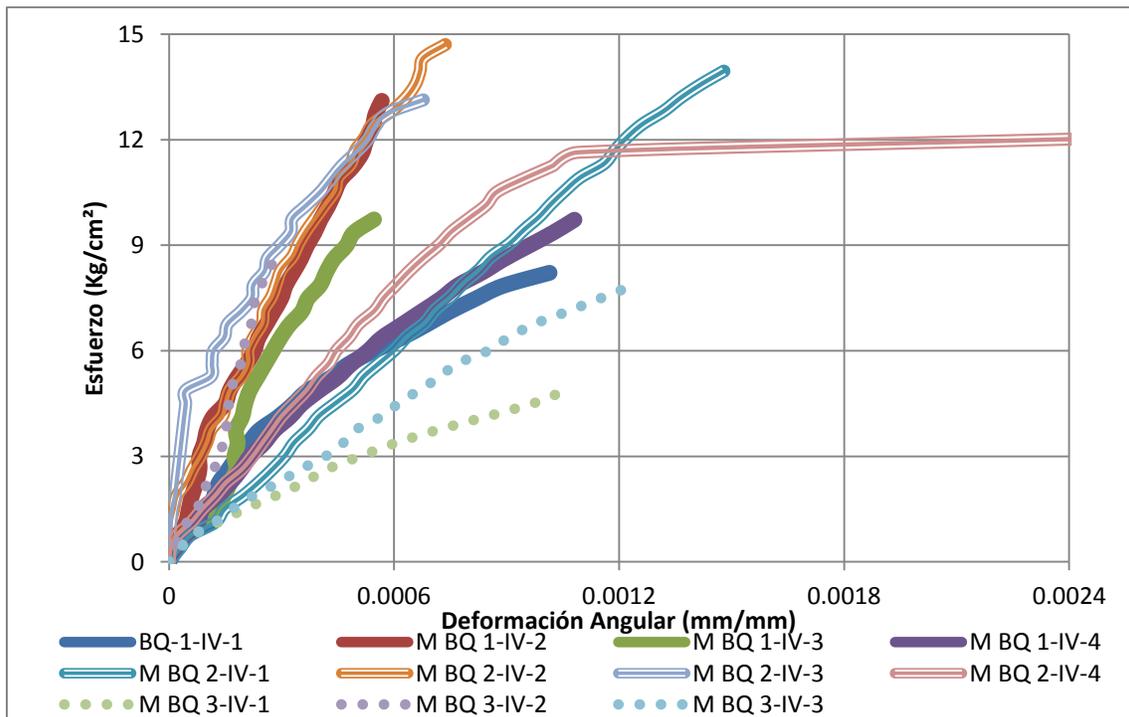


Figura 277 Gráficas Esfuerzo-deformación BQ, 3 lotes, mezcla IV.

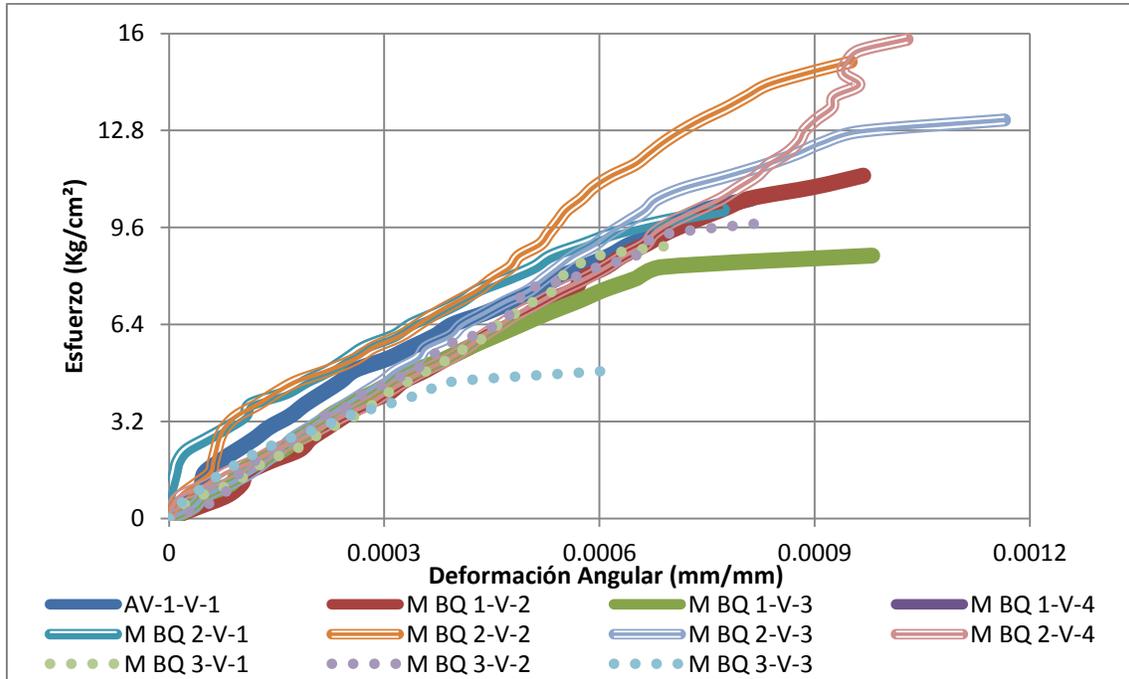


Figura 278 Gráficas Esfuerzo-deformación BQ, 3 lotes, mezcla V.

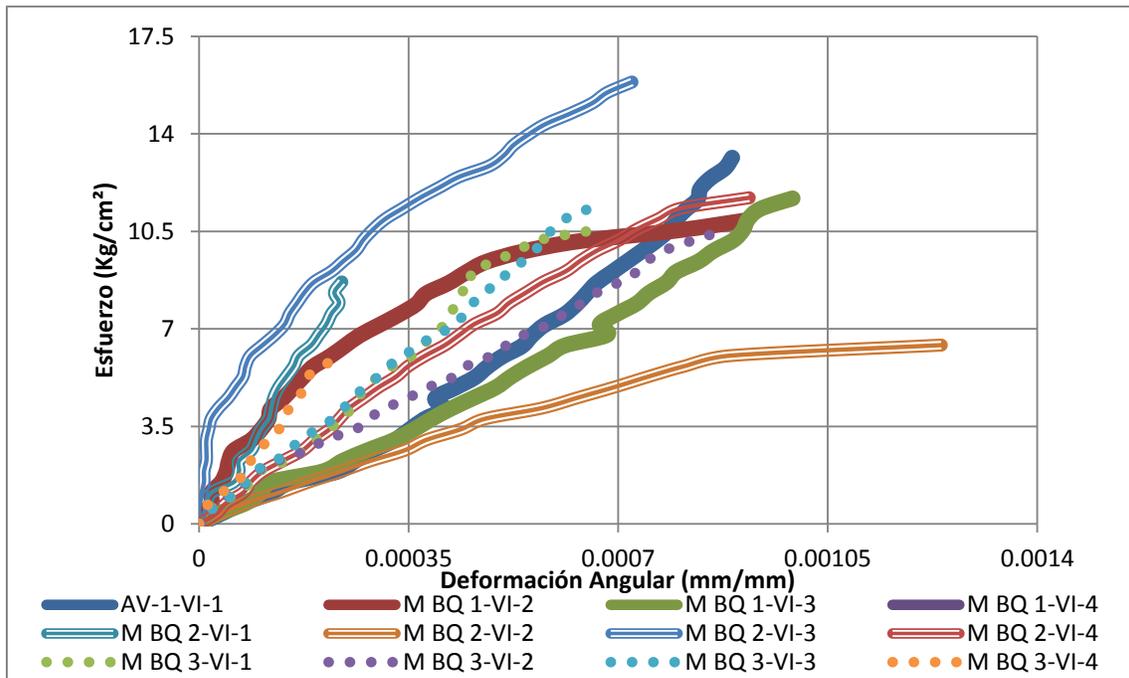


Figura 279 Gráficas Esfuerzo-deformación BQ, 3 lotes, mezcla VI.

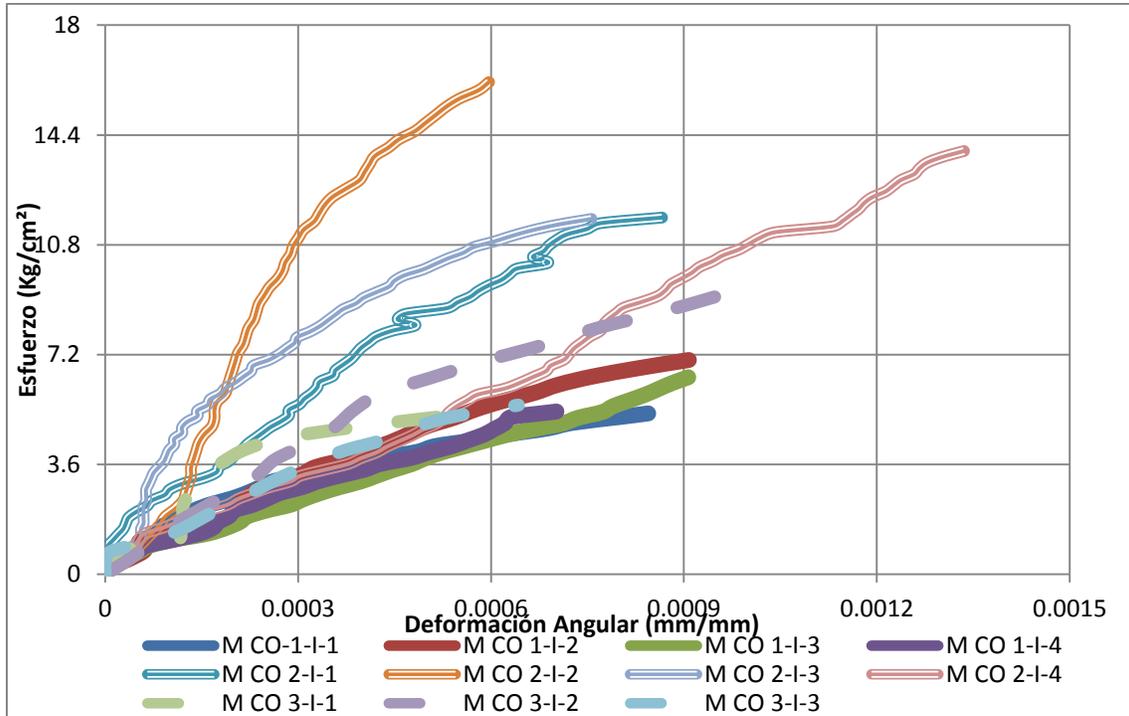


Figura 280 Gráficas Esfuerzo-deformación CO, 3 lotes, mezcla I.

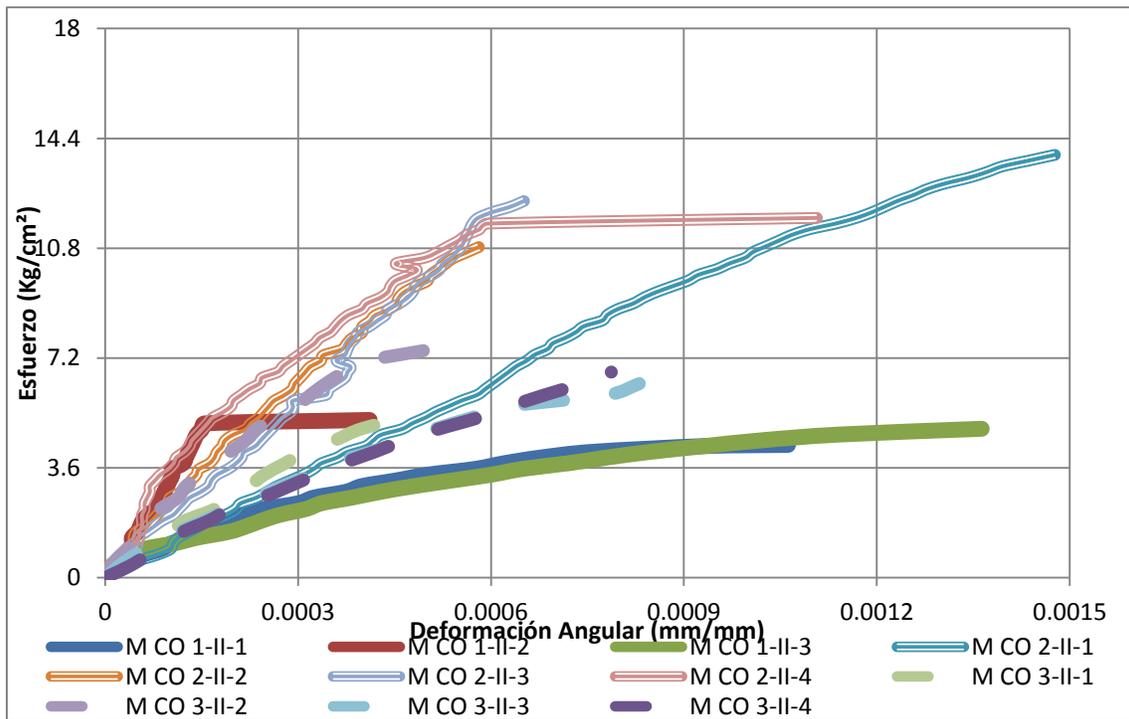


Figura 281 Gráficas Esfuerzo-deformación CO, 3 lotes, mezcla II.

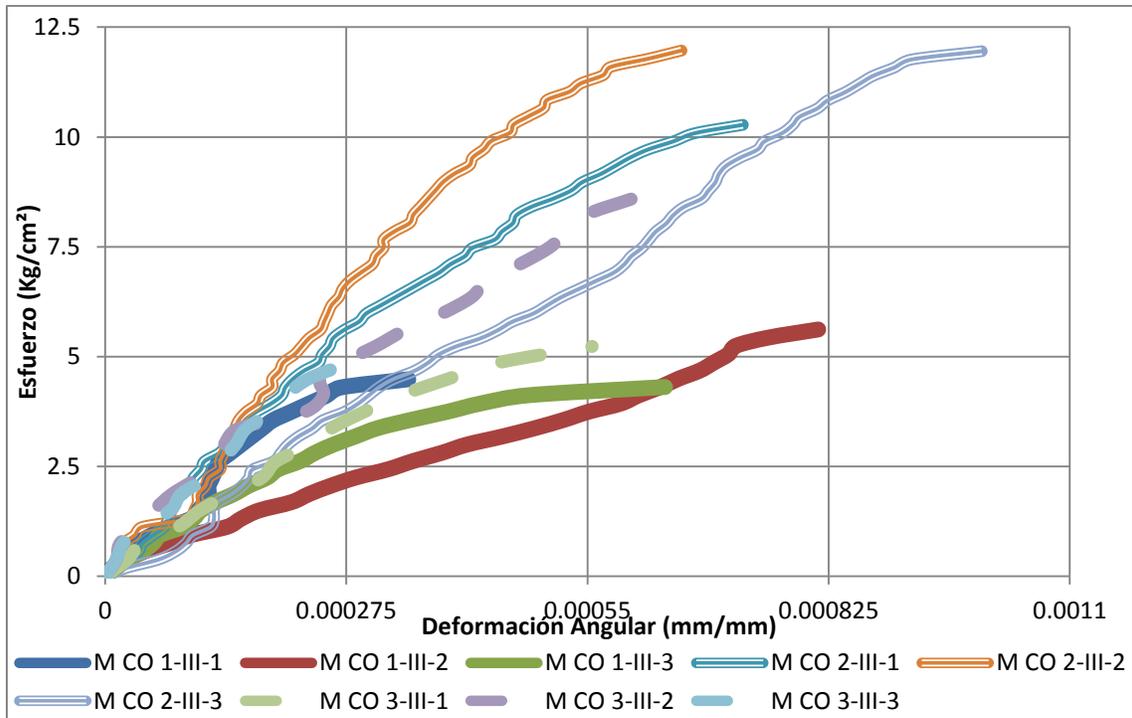


Figura 282 Gráficas Esfuerzo-deformación CO, 3 lotes, mezcla III.

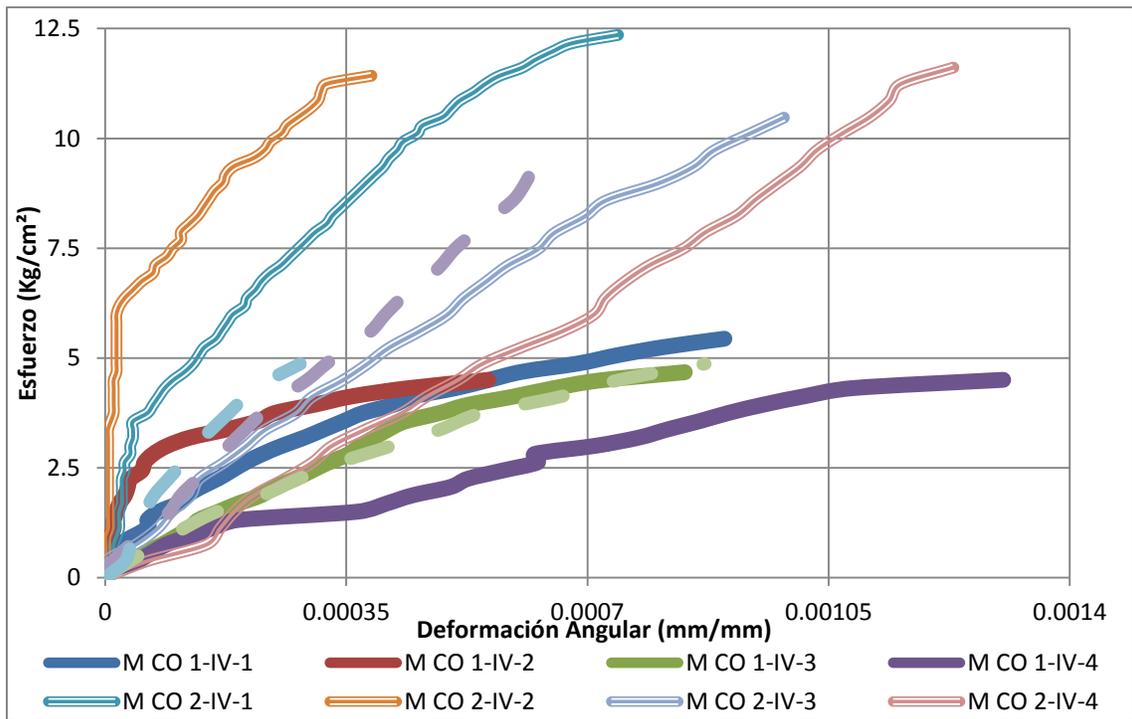


Figura 283 Gráficas Esfuerzo-deformación CO, 3 lotes, mezcla IV.

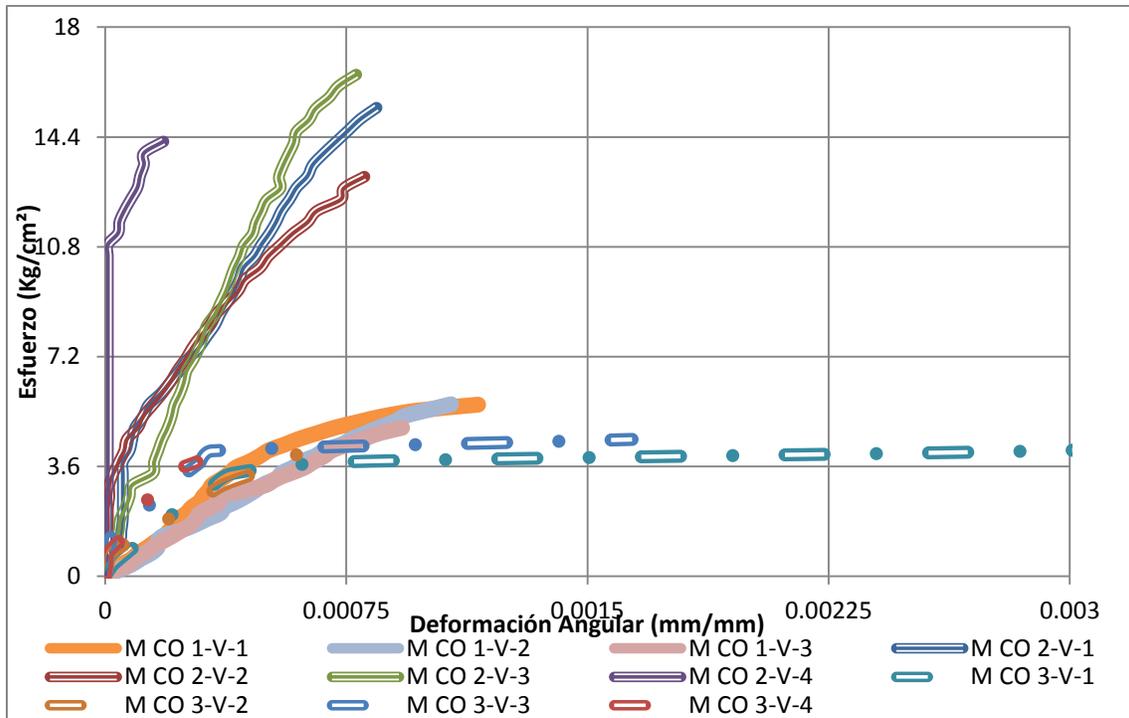


Figura 284 Gráficas Esfuerzo-deformación CO, 3 lotes, mezcla V.

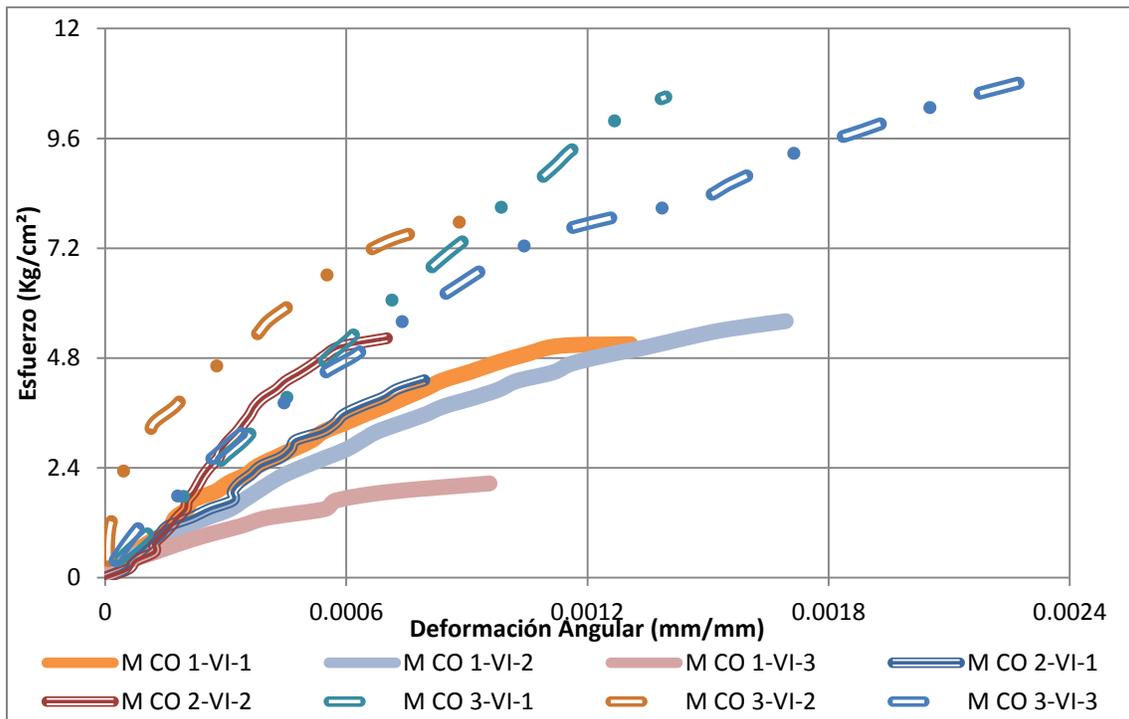


Figura 285 Gráficas Esfuerzo-deformación CO, 3 lotes, mezcla VI.

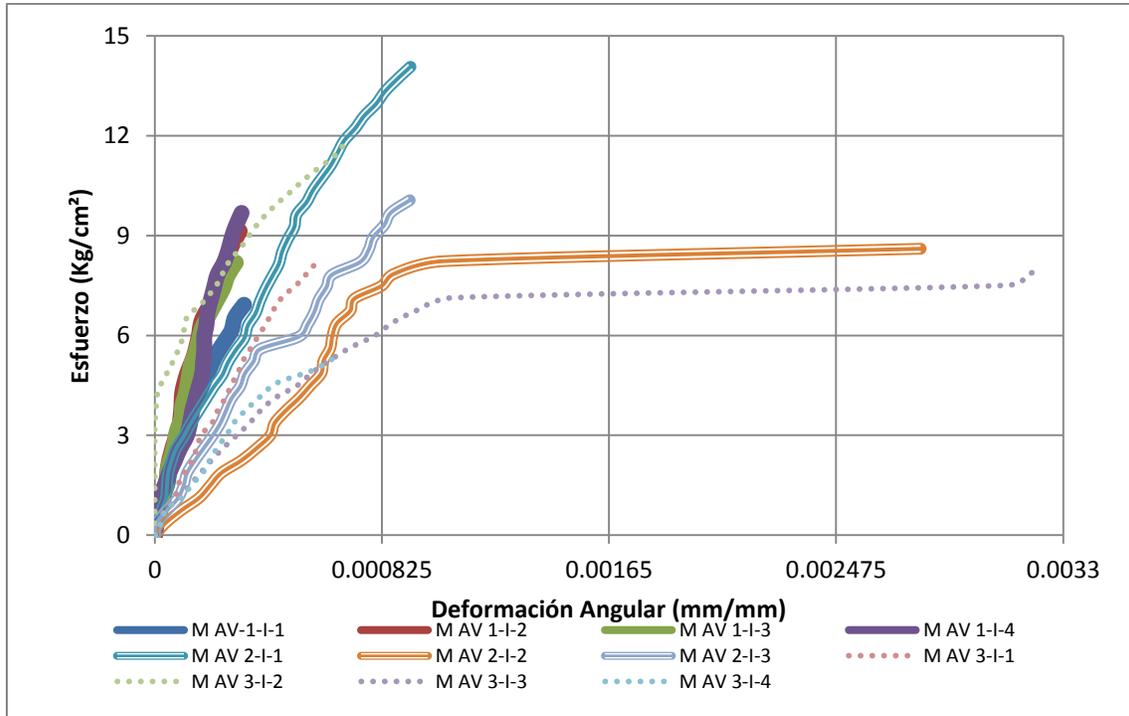


Figura 286 Gráficas Esfuerzo-deformación AV, 3 lotes, mezcla I.

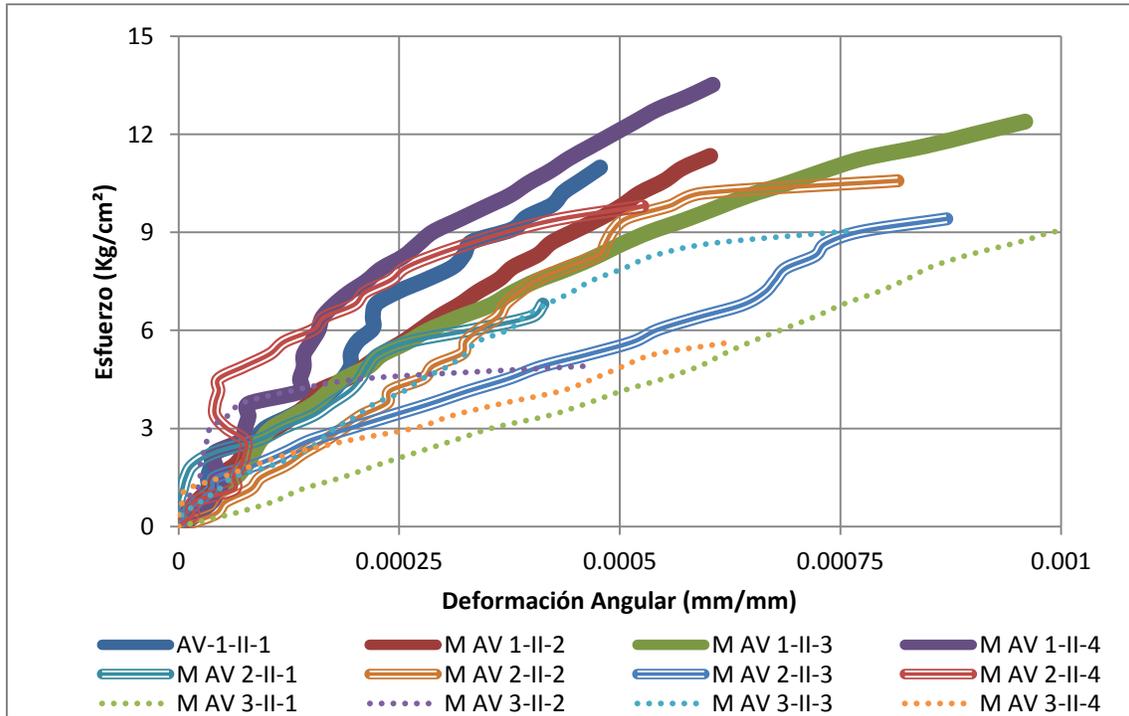


Figura 287 Gráficas Esfuerzo-deformación AV, 3 lotes, mezcla II.

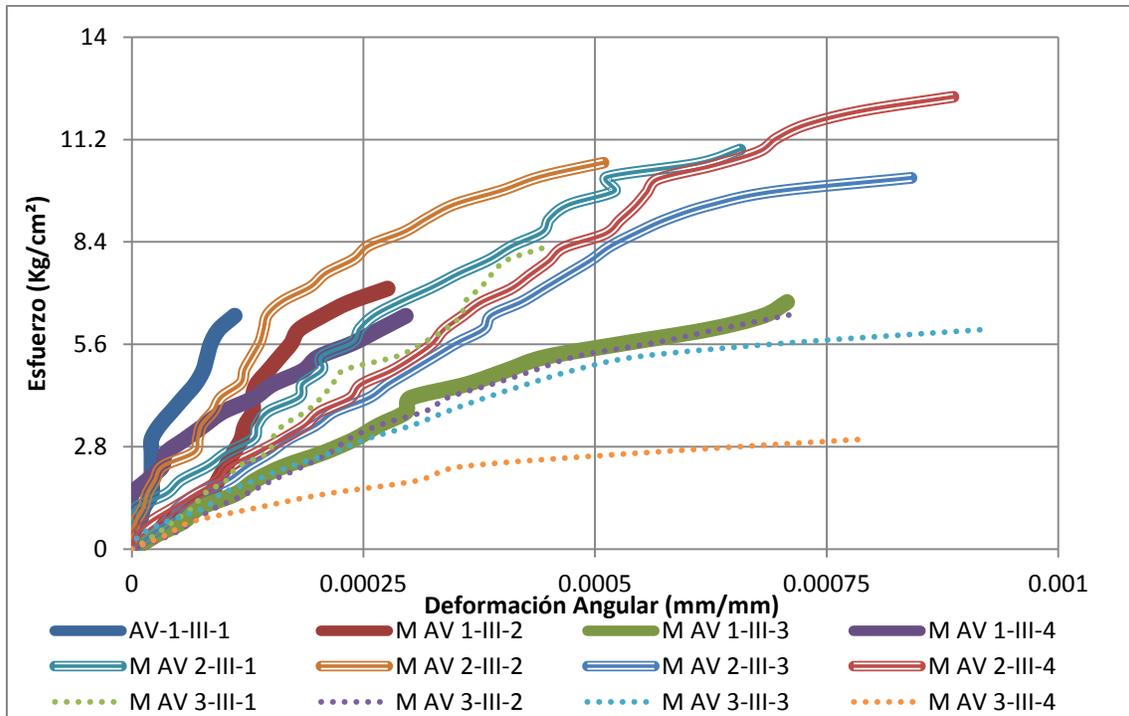


Figura 288 Gráficas Esfuerzo-deformación AV, 3 lotes, mezcla III.

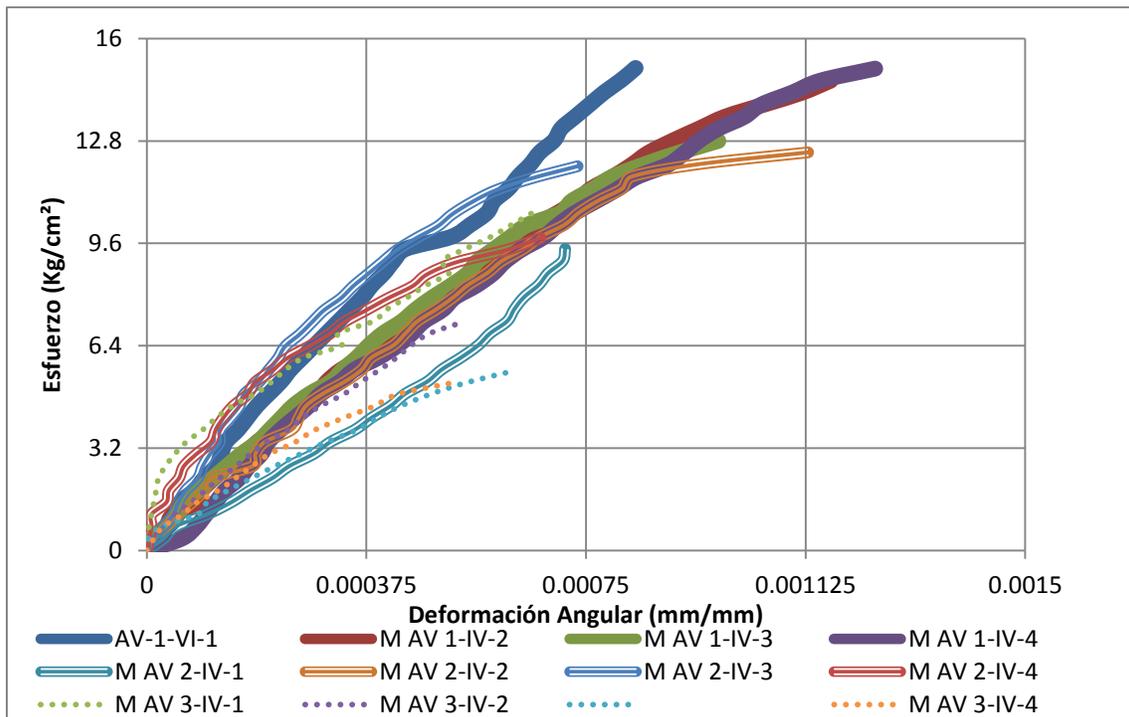


Figura 289 Gráficas Esfuerzo-deformación AV, 3 lotes, mezcla IV.

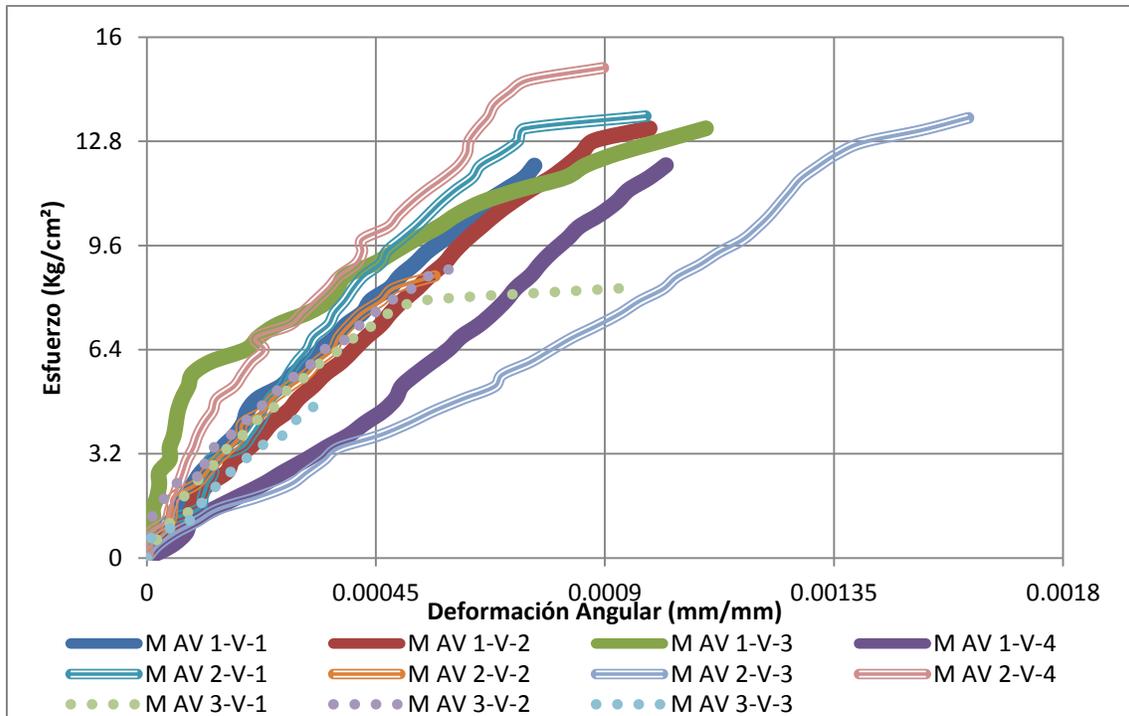


Figura 290 Gráficas Esfuerzo-deformación AV, 3 lotes, mezcla V.

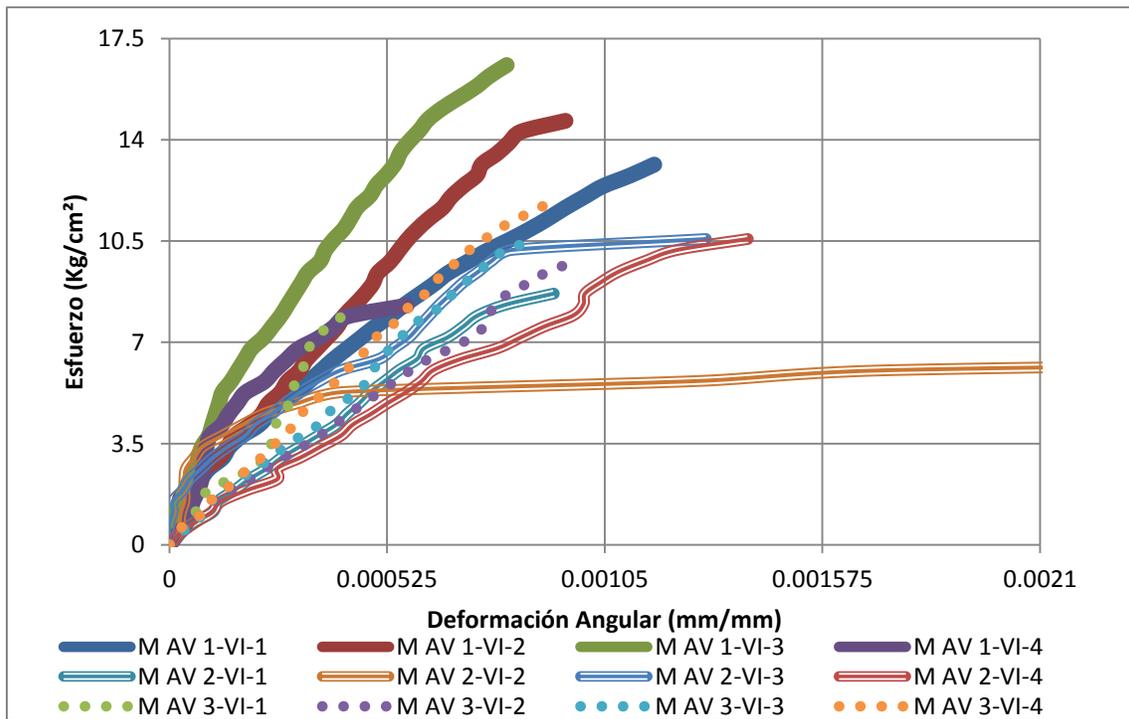


Figura 291 Gráficas Esfuerzo-deformación AV, 3 lotes, mezcla VI.