

## Desarrollo de un pseudo-elemento de interfaz para el modelado de mampostería de ladrillo reforzado

S. Mehendale<sup>\*1</sup>, A. Bambole<sup>2</sup>, S. Raghunath<sup>3</sup>

\*Autor de Contacto: [shashank\\_mehendale@smassociates.co.in](mailto:shashank_mehendale@smassociates.co.in)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.147>

Recepción: 18-12-2016 | Aceptación: 23-01-2017 | Publicación: 31-01-2017

### RESUMEN

La resistencia de la mampostería reforzada está influenciada por las interfaces entre el ladrillo, el mortero y el refuerzo. Se ha definido un protocolo experimental para caracterizar el comportamiento de la junta de mampostería de ladrillo reforzado, con acero de refuerzo incrustado en mortero de cemento 1: 6. Esto es aplicable para la albañilería con ladrillos de baja resistencia y baja rigidez encontrada. Las investigaciones experimentales demuestran que el vínculo entre la mampostería y el acero no es perfecto. Teniendo en cuenta los mecanismos de enlace críticos, se intenta presentar un nuevo enfoque para el desarrollo de un elemento de pseudo-interfaz que represente tres materiales diferentes (ladrillo, mortero y refuerzo) y dos interfaces (de refuerzo y mortero (RM) y de mortero (BM)). Por lo tanto, los principios del diseño de concreto armado (RC) clásico pueden aplicarse directamente a la mampostería reforzada con la introducción del pseudo-elemento de interfaz propuesto.

**Palabras clave:** articulación de mampostería reforzada; elemento de interfaz; comportamiento de enlace de refuerzo de mampostería; pseudo-material de interfaz; rigidez de los elementos de la interfaz.

**Citar como:** S. Mehendale, A. Bambole, S. Raghunath (2017). “Desarrollo de un pseudo-elemento de interfaz para el modelado de mampostería de ladrillo reforzado”, Revista ALCONPAT, 7 (1), pp. 73-86, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.147>

<sup>1</sup> Structural Engineering Department, Veermata Jijabai Technological Institute (VJTI), Mumbai – 400 019, India.

<sup>2</sup> Structural Engineering Department, Veermata Jijabai Technological Institute (VJTI), Mumbai – 19, India.

<sup>3</sup> Civil Engineering Department, BMS College of Engineering, Bangaluru – 560 019, India.

### Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, [alconpat.int@gmail.com](mailto:alconpat.int@gmail.com), Página Web: [www.alconpat.org](http://www.alconpat.org)

Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el tercer número del año 2017 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del segundo número del año 2017.

## Development of pseudo interface element for modelling of reinforced brick masonry

### ABSTRACT

Strength of reinforced masonry is influenced by interfaces between brick, mortar and reinforcement. Experimental protocol has been defined to characterise the behaviour of reinforced brick masonry joint, with reinforcement steel embedded in cement mortar 1:6. This is applicable for low-strength, low-stiffness brick masonry found. Experimental investigations show that bond between masonry and steel is not perfect. Considering critical bond mechanisms, an attempt is made to put-forth a novel approach for development of a pseudo interface element representing three different materials (viz. brick, mortar and reinforcement) and two interfaces (reinforcement-mortar (RM) interface and brick-mortar (BM) interface). Principles of classical Reinforced Concrete (RC) design can therefore be directly applied to reinforced masonry with the introduction of the proposed pseudo interface element.

**Keywords:** reinforced masonry joint; interface element; masonry reinforcement bond behavior; pseudo interface material; stiffness of interface elements.

## Desenvolvimento de elemento de pseudo interface para modelagem de alvenaria de tijolo armado

### RESUMO

A resistência da alvenaria reforçada é influenciada pelas interfaces entre tijolo, argamassa e armadura. O protocolo experimental foi definido para caracterizar o comportamento de juntas de alvenaria de tijolo armado, com aço embutido em argamassa de cimento 1:6. Isto é aplicável para baixa resistência, com tijolo de baixa rigidez. Investigações experimentais mostram que a ligação entre a alvenaria e o aço não é perfeita. Considerando os mecanismos de ligação críticos, é feita uma tentativa de apresentar uma nova abordagem para o desenvolvimento de um elemento de pseudo interface representando três materiais diferentes (tijolo vizinho, argamassa e armadura) e duas interfaces (interface argamassa-armadura (RM) e interface tijolo-argamassa (BM)). Os princípios de projeto clássicos de concreto armado (RC) podem, portanto, ser diretamente aplicados à alvenaria armada com a introdução do elemento de pseudo interface proposto.

**Palavras chave:** junta de alvenaria armada; elemento de interface; comportamento de ligação de reforço de alvenaria; material de pseudo interface; rigidez dos elementos de interface.

## 1. INTRODUCCIÓN

La albañilería es un material de construcción frágil que ha sido usado por mucho tiempo alrededor del mundo y aún está siendo usado. A lo largo de este período, la albañilería es utilizada como elementos portadores de carga vertical debido al excelente desempeño a compresión. La capacidad de tensión limitada de la albañilería es generalmente superada usando arcos, bóvedas, etc. sobre las eventuales aberturas. Estos arcos y bóvedas convierten la tensión de flexión en compresión debido a su geometría. En comparación, el concreto es también un material frágil con capacidad de tracción limitada y generalmente esta limitación es superada por la incorporación de armaduras o pretensado. El uso semejante de armaduras en la construcción de albañilería no es nuevo, pero poco común en la India. La armadura puede ser colocada en elementos de albañilería de varias maneras. El método más común es colocar barras de acero en las bases de las juntas. Los elementos estructurales construidos de esta forma pueden ser

utilizados para resistir las fuerzas de flexión (cargas), sobre la forma de viga. La mayoría de las normas disponibles para albañilería estructural armada se basan en principios y supuestos del proyecto de concreto armado (RC). La suposición principal del proyecto clásico de RC es que, la fuerza de tracción es resistida apenas por la armadura y la conexión entre la armadura y el concreto es casi perfecta.

La literatura en albañilería de bloque revela que, en los países occidentales, los bloques son más rígidos y más fuertes que el mortero utilizado. La resistencia a la compresión de tales bloques ó bloques puede estar alrededor de 15-150 MPa y el módulo de elasticidad entre 3500-35000 MPa. Considerando que, en la India, los bloques tienen resistencia a compresión relativamente menor (3-20 MPa) el módulo de elasticidad (300-15000 MPa). Además de eso, el mortero de concreto comúnmente usada (1: 6) generalmente tiene un módulo de elasticidad de 10 a 15 veces mayor que los bloques y ladrillos (Matthana, 1996) (Sarangapani et al., 2005) (Raghunath et al., 1998) y (Gumaste et al, 2004). Laurencó (1994) hizo una lista de varios modelos para prever el comportamiento de la albañilería no armada. Laurencó recomendó un modelo de fricción Coloumb con coronamiento de compresión para la junta o interface entre mortero y bloque. Globalmente, la teoría RC clásica es usada para modelar la albañilería estructural armada (Narendra Taly, 2010).

Típicamente, la resistencia en albañilería de bloque armado a flexión es conseguida insertando la armadura en la junta de la canaleta a determinada profundidad. La colocación conjunta en albañilería armada comprende cinco elementos siendo. (i) armadura, (ii) interface de mortero-armadura, (iii) mortero, (iv) interface de mortero-bloque y (v) bloque (unidades). Esto se mostrados en la Figura 1.

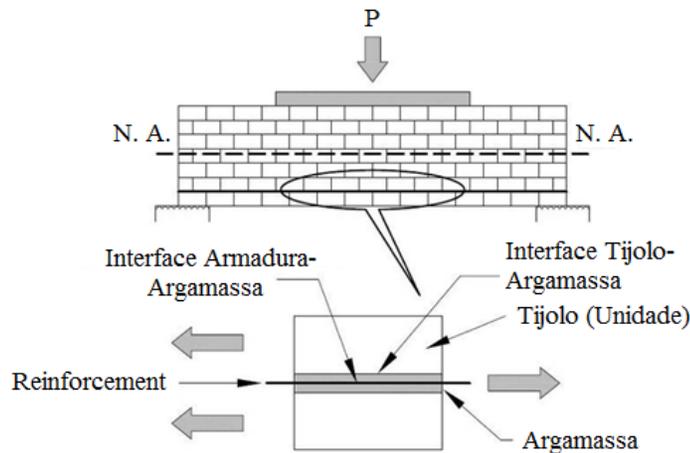


Figure 1. Vigueta de albañilería armada típica y detalles de juntas de albañilería estructural armada.

Investigaciones experimentales realizadas en albañilería de bloque reforzado (Shashank Mehendale et al., 2016) muestran que la conexión entre la armadura y la albañilería de bloques no es perfecta. Diferentes deformaciones de cizallamiento se observan debido a la variación de las propiedades de cizallamiento de elementos individuales y juntas entre ellos; una pérdida de tensión y una menor resistencia son desarrolladas en la armadura, en comparación con un escenario de anclaje perfecto. Así, el aporte de la armadura en la vigueta de albañilería armada es probablemente menor que la de la viga de RC. Se observa que las conexiones más débiles en albañilería armada son las que están entre bloque, mortero y armadura. En proyectos de albañilería armada, el uso de supuestos clásicos de proyecto de RC pueden llevar al exceso de

confianza en la armadura. Un nuevo abordaje para la concepción de vigas de albañilería armada se hace necesaria para bloques y morteros de baja resistencia utilizadas en este estudio. Considerando la importancia de las juntas, fué realizada la investigación detallada de elementos individuales de la junta de albañilería armada en ambiente de ensayo similar. En base a los resultados del trabajo experimental en elementos individuales el montaje, se hace como una tentativa de desarrollar un pseudo-elemento de interface. El presente trabajo tiene como objetivo utilizar observaciones experimentales de elementos individuales y fusionar el mismo en una pseudo-interfase, capturando adecuadamente la contribución de cada uno de los elementos del montaje. El elemento de pseudo-interfase propuesto puede ser agrupado con albañilería, mejorando así las previsiones sobre la contribución de la armadura. El objetivo del presente trabajo es estudiar y desarrollar un procedimiento de proyecto, que ayudará a alcanzar el mejor uso de material y articulación eficiente.

## 2. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

El comportamiento de la junta de albañilería armada es investigado por el procedimiento experimental presentado en este estudio. El ensayo pull-out es ampliamente utilizado como un medio eficaz para la caracterización del comportamiento de conexión entre armaduras internamente conectadas y la albañilería. El sistema de ensayo desarrollado localmente mostrado en las Figuras 2 (a) y (b) es usado para estudiar el comportamiento del montaje de albañilería armada usando las instalaciones disponibles en el laboratorio VJTI.

Para la preparación de muestras, fueron utilizados bloques vaciados en el local, con mortero de concreto 1:6. La relación agua/concreto utilizada en el mortero fue basada en el ensayo de asentamiento. Barras de acero de 8 mm de diámetro HYSD fueron insertadas en el centro de los 20 mm de espesor de capa de mortero en conjunto. Un contrapeso de 2 bloques fue mantenido sobre cada muestra durante 4 días para asegurar una conexión adecuada entre el mortero y los bloques. Las muestras fueron curadas durante 14 días. La previsión de sobrecarga de las condiciones in situ es simulada en ensayos aplicando presión de confinamiento a las muestras. La presión de sobrecarga generalmente encontrada fue de cerca de 0,5 N/mm<sup>2</sup> (Laurenco 1994), que fue la usada en la presente investigación experimental. La fuerza pull-out fue aplicada usando el dispositivo controlado por deformación y la respuesta de deformación (desplazamientos) fue registrada.

La Figura 3 muestra el gráfico de la fuerza de pull-out vs. Desplazamiento de la armadura. Se observa que la fuerza de pull-out varía con el desplazamiento de la barra casi linealmente hasta el valor máximo de fuerza, luego de ello, la fluencia/deslizamiento es observado a medida que aumenta el desplazamiento. Se nota que existe alguna capacidad de adhesión residual debido al efecto de fricción da capa superficial. Se observa a partir de estos experimentos que la capacidad de adhesión residual es una función de la presión de confinamiento. Como las propiedades de la unidad de albañilería no son consistentes, aunque sea un lote único, un número de 20 ensayos fueron planificados para obtener resultados representativos y confiables.

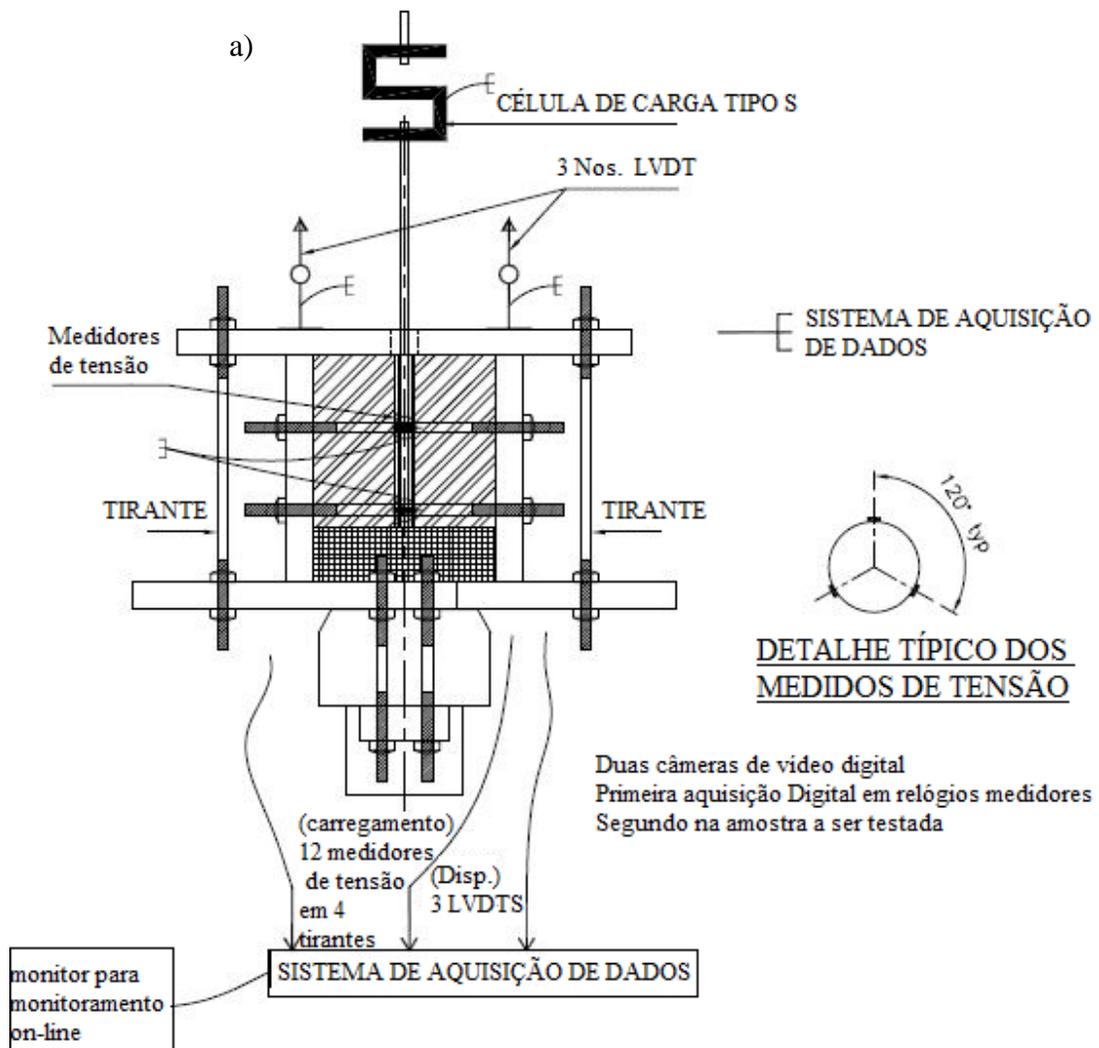


Figure 2. (a) Muestra mantenida en posición (b) Configuración del ensayo de *pull-out*.

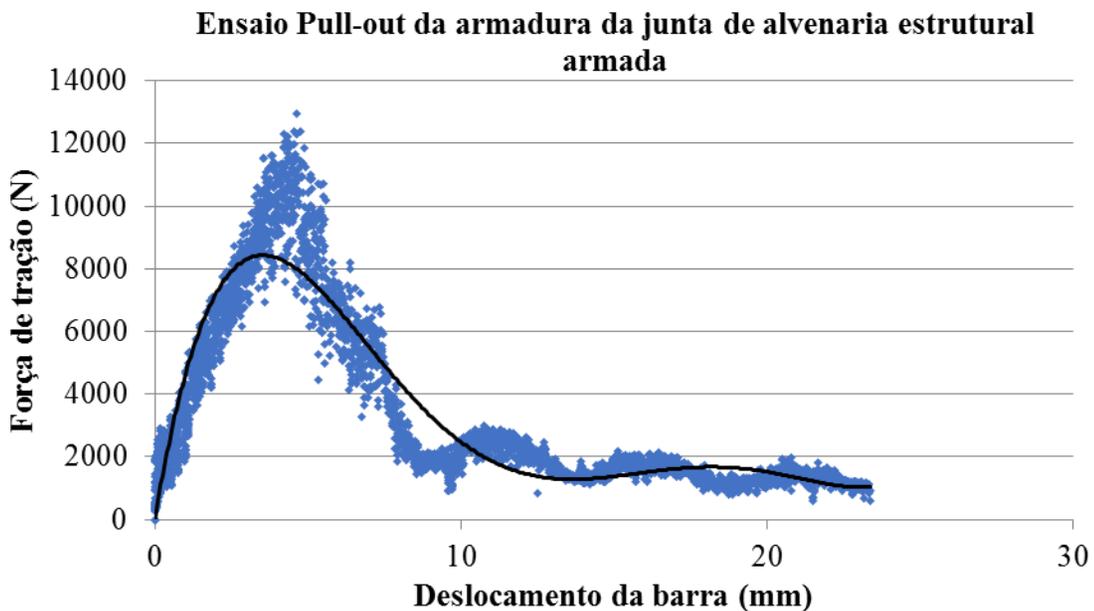


Figure 3. Resultados del Ensaio de pull-out en el montaje.

La capacidad pull-out de la barra incorporada en el montaje y su rigidez asociada depende de la interacción compleja entre elementos individuales. Bloque, mortero, armadura y la interface entre bloque y mortero y la interface entre armadura y mortero. Ese comportamiento es encontrado para ser diferente de aquel de un elemento de RC. La deformación en la fibra extrema de albañilería de bloque no es totalmente transferida para la armadura debido al deslizamiento por cizallamiento del material frágil. Bloque y mortero.

Para estudiar los diversos parámetros que afectan la capacidad de pull-out y la rigidez; con base en la literatura disponible (Laurenco, 1994), varios conjuntos de ensayos fueron fabricados y fueron realizados experimentos para determinar las propiedades de unidades, morteros armaduras y juntas usadas. Detalles de los ensayos y procedimientos experimentales con brevemente descritos en este estudio. La Tabla 1 muestra las propiedades de los elementos básicos utilizados en el estudio, que representa la junta de albañilería estructural armada.

Tabla 1. Propiedades de los Materiales utilizados en el estudio

Ensayos	Bloque	Mortero (1:6)	Armadura (8mm día.)
<b>Resistencia a compresión (MPa)</b> (Número de muestras)	3.88 (8)	8.32 (06)	-
<b>Resistencia a flexión (MPa)</b> (Número de muestras)	0.98 (6)	2.42 (06)	-
<b>Nota: Cargado a ló largo de la profundidad</b>			
$E_{\text{tangente inicial}}$ (MPa)	142.2	15401.6	$2 \times 10^5$
<b>Resistencia a tracción (MPa)</b>	-	0.96	415

#### A. Ensaio de tracción en la armadura

El ensaio de tracción sobre la armadura fue realizado utilizando el procedimiento prescrito en la IS 1786 (2008). La rigidez axial de la armadura es un parámetro contributivo.

**B. Ensayo de Pull-out de la armadura con el mortero solo.**

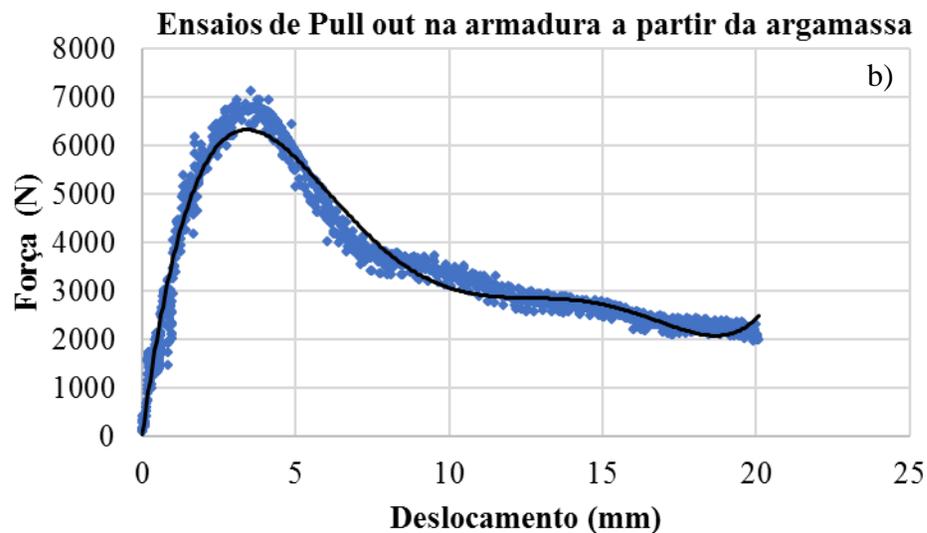
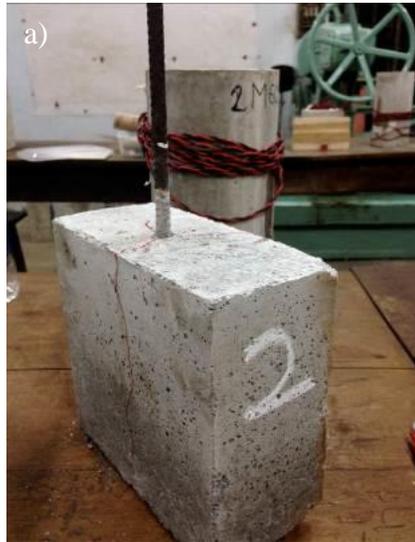


Figure 4. (a) Probeta (b) Resultados del ensayo de Pull-out do R/f del mortero.

Fue realizado o ensayo de extracción de la armadura al mortero utilizando el conjunto de ensayos anteriormente descrito. El tamaño de la muestra utilizada fue el mismo que el del montaje (160mm x 200mm x 90mm), con la armadura insertada en el centro. Este ensayo es utilizado para determinar las propiedades de la unión entre el mortero y la armadura. La presión de confinamiento de 0,5 N/mm<sup>2</sup> es aplicada usando tornillos de tensión. La Figura 4 muestra el gráfico de la fuerza de pull-out en la armadura vs. desplazamiento.

**C. Ensayo de cizallamiento doble del mortero**

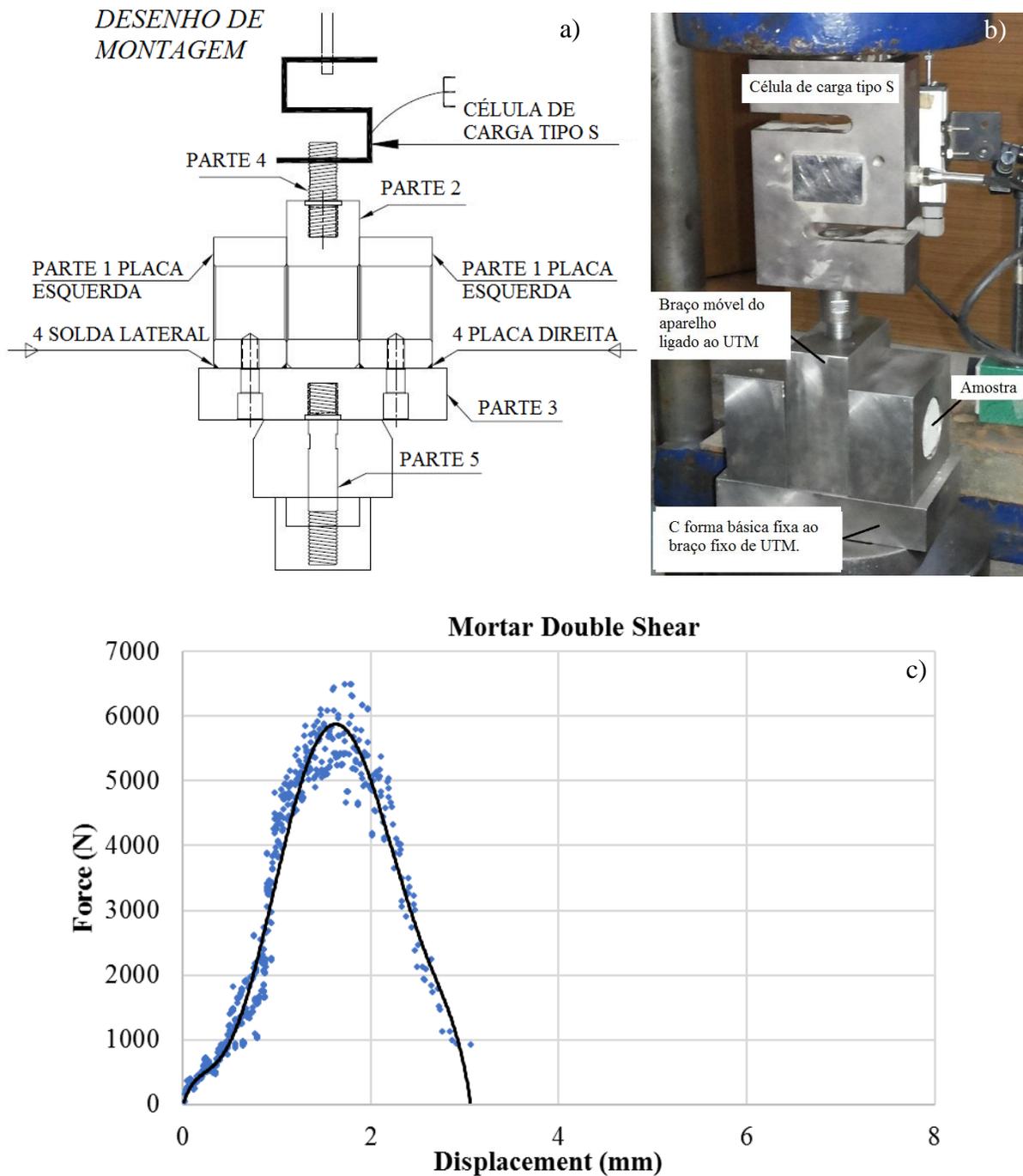


Figura 5. (a) Esquema de preparación del ensayo de cizallamiento del mortero, (b) fotografía actual (c) Resultados.

A contribuição de cizallamiento de mortero é estabelecida usando o Aparelho de cizallamiento Duplo de Mortero desenvolvido localmente. Este aparelho baseia-se no conceito de cizallamiento duplo, frequentemente utilizado na mecânica dos solos. Fué adotada a muestra cilíndrica de mortero com diámetro de 50mm e comprimento de 150mm. O aparelho, ilustrado na figura 5, consiste em 2 elementos principais, o elemento inferior (forma C) consiste na parte 1 (chapa esquerda e direita) e a parte 3 está ligada ao bracero fixo da UTM. O elemento superior etiquetado como parte 2 é anexado a bracero móvel de UTM a través da célula de carga.

### D. Ensayo de cizallamiento da interface bloq-umorto

El ensayo de cizallamiento de interface de bloq-umorto fue realizado con la presión de confinamiento aplicada, usando la disposición ilustrada en la figura 6. Fue utilizado epóxi para asegurar una conexión perfecta entre la muestra y el aparato. La contribución de cizallamiento de la interface bloq-umorto es calculada usando el aparato de ensayo de cizallamiento sugerido por P B Launreco, (1994) y Van der Plujim, (1992 y 1993).

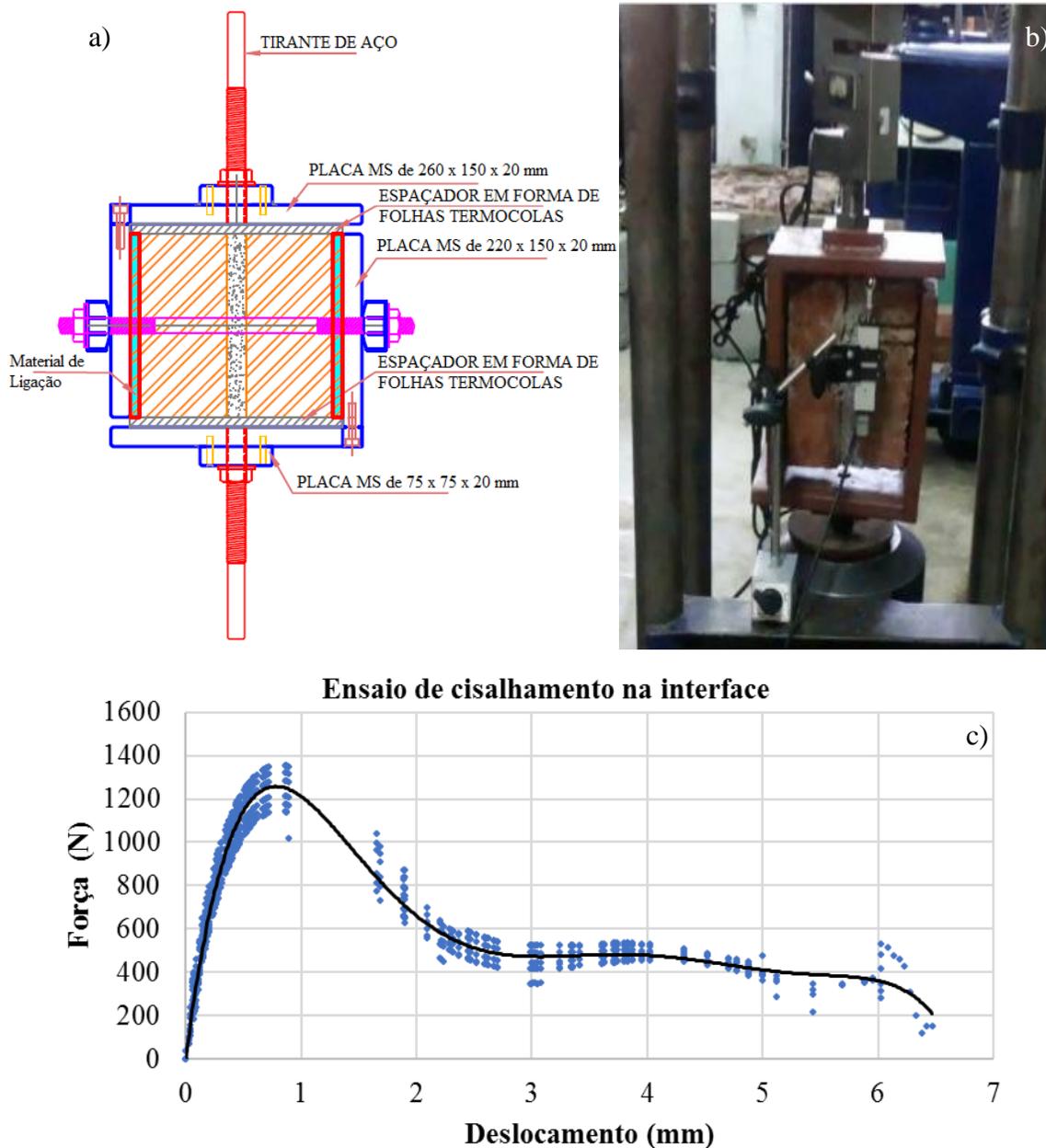


Figura 6. Ensaio de cizallamiento na interface de mortero de bloq-umorto (a) Configuración do ensayo esquemático (b) Fotografía real (c) Resultados

### E. Ensaio de cizallamiento no bloq-umorto

La contribución de cizallamiento de bloques es elaborada a partir del concepto de ensayo de cizallamiento directo comúnmente usado en ingeniería geotécnica. La presión de confinamiento desempeña un papel importante en la evaluación de la resistencia al cizallamiento. En todas las experiencias antes mencionadas, fue utilizada una presión de confinamiento de 0,5 N/mm<sup>2</sup>,

muestras de bloque de 50 mm x 50 mm de sección transversal fueron cortadas cuidadosamente a partir de unidades de bloque. La configuración de ensayo, el patrón de falla observado y los resultados de los ensayos son mostrados en las figuras 7 (a), (b) y (c), respectivamente.

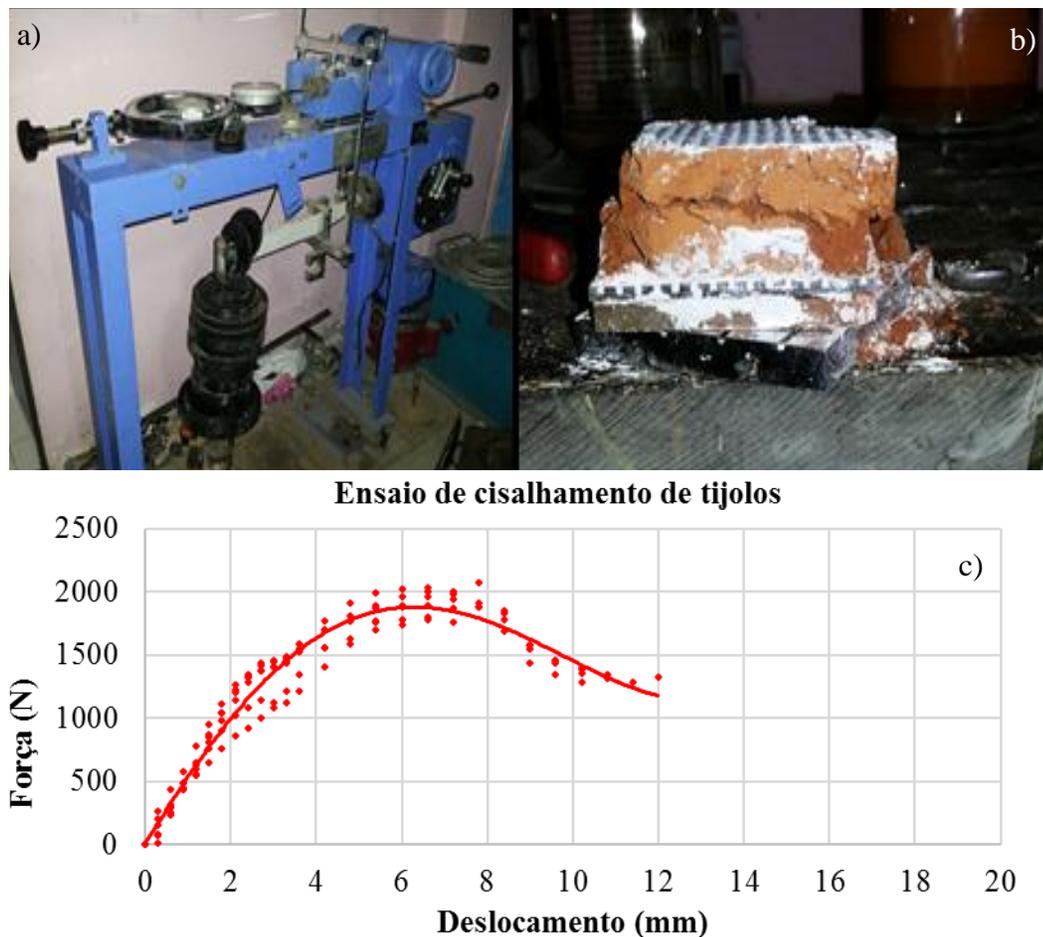


Figura 7. (a) Ensaio de cizallamiento de los bloques, (b) Falla de cizallamiento típica observada y (c) Resultados del ensayo de cizallamiento de bloques.

Las grandes deformaciones observadas no son relevantes para el proceso de proyecto, pues la estructura habría fallado en el momento en que grandes deformaciones ocurrieron. Así, la tentativa del proyectista es mantener las deformaciones controladas y mínimas cuanto sea posible. Dentro de ese rango controlado y limitado de deformaciones, el comportamiento de elementos y juntas individuales puede ser asumido linealmente elástico. Así se puede idealizar como resortes discretos.

Una idealización usando la analogía del resorte fue presentada para simplificar la complejidad debido a la contribución de cinco elementos del montaje. La fuerza de pull-out permanece constante en todos los elementos y la deformación es función de la resistencia ofrecida por la armadura, interface del mortero con la armadura, mortero, interface de mortero-bloque y resistencia al bloque. Cada parámetro contributivo puede ser idealizado como resortes discretos y todo el conjunto puede ser idealizado como sistema de resortes conectados en serie. Así la rigidez efectiva del conjunto es una contribución de la rigidez de la armadura, la rigidez al cizallamiento de la conexión RM, de la rigidez al cizallamiento del mortero, de la rigidez al cizallamiento de la conexión BM y de la rigidez al cizallamiento del bloque. Una representación esquemática de la idealización antes mencionada es representada en la Figura 8.

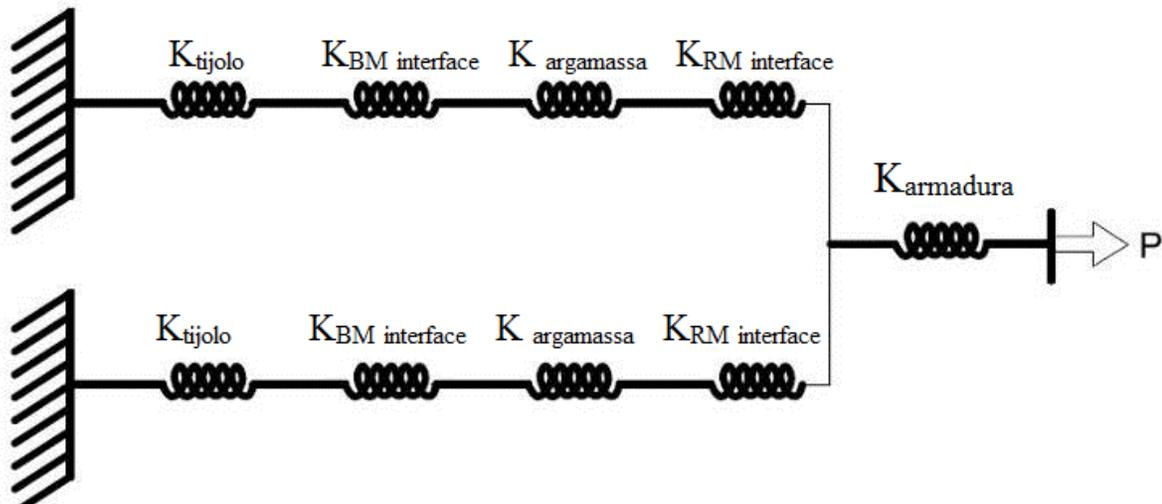


Figure 8. Analogía de resortes

### 3. CONCLUSIONES EXPERIMENTALES E INFERENCIAS

Todos los ensayos fueron realizados utilizando equipos con desplazamiento controlado en el VJTI, laboratorio de Ingeniería Estructural. Se obtuvo un gráfico de Fuerza vs. Desplazamiento para cada ensayo. Los valores de rigidez de cada elemento contribuyente fueron calculados y tabulados en la Tabla 2.

Se observa que existe buena correlación entre la rigidez experimental para la referida articulación y los resultados obtenidos utilizando el modelo analítico utilizando la idealización del resorte. Las fórmulas de resorte para resortes en paralelo y en serie para el conjunto antes ilustrado en la Figura 8 pueden ser representadas como se sigue utilizando la Ecuación (1) y la Ecuación (2);

$$\frac{1}{k_{Eq.pseudomaterial}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k_{reinf orcement}} \quad (1)$$

Donde, k es constante del resorte equivalente para resortes en paralelo

$$\frac{1}{k} = \frac{2}{\frac{1}{k_{RM interface}} + \frac{1}{k_{mortar}} + \frac{1}{k_{BM interface}} + \frac{1}{k_{brick}}} \quad (2)$$

La Ecuación (1) y la Ecuación (2) son válidas dentro de los límites elásticos de cada resorte, es decir

$$P \leq P_R^L, P_{RM}^L, P_M^L, P_{BM}^L, P_B^L \quad (3)$$

donde,

$P_R^L$  Limitación de la carga elástica en el resorte de la armadura

= Limitación del esfuerzo elástico de la Armadura x C / s área de la armadura

$P_{RM}^L$  Limitación de la carga elástica en el resorte de la interface RM

= Limitación de la tensión elástica del resorte equivalente a la interface RM x Área C / s de la interface RM

- $P_M^L$  Limitación de la carga elástica en el resorte del mortero  
= Limitación del esfuerzo de cizallamiento del resorte equivalente al área de Mortero x C / s del mortero en cizallamiento
- $P_{BM}^L$  Limitación de la carga elástica en el resorte de la interface BM  
= Limitación de tensión del resorte equivalente a la interface BM x área C / s de la interface BM
- $P_B^L$  Limitando la carga elástica en el resorte de bloque  
= Limitación del esfuerzo de cizallamiento del resorte equivalente al área Brick x C / s de bloque en el cizallamiento

La violación de cualquiera de estos límites, es la falla de cualquier resorte idealizado y mencionado anteriormente y debe prever el modo de falla correspondiente, por ejemplo, a la falla del resorte de RM que indicará la falla de la interface entre la armadura y el mortero.

Tabla 2. Matriz de Rigidez (Experimental basada en la fórmula).

Rigidez del Elemento Experimental	Rigidez Tangente Inicial
$K_{armadura}$	25120 N/mm
$K_{RM\ interface}$	3521.1 N/mm
$K_{mortero}$	2857.1 N/mm
$K_{BM\ interface}$	6666 N/mm
$K_{Bloque}$	714 N/mm
$K_{Eq. pseudo material (por Formula)}$	883.77 N/mm
$K_{Eq. pseudo material (ensayo Pull-out)}$	981 N/mm

Esta correlación utilizando la analogía del resorte puede ser usada para modelar un elemento de interface con una rigidez efectiva equivalente a la junta de albañilería armada.

### 3.1 Relación con la Elasticidad

La idealización de la analogía de resortes presentada antes constituye el abordaje básico para el desarrollo de una nueva formulación para modelaje de material de interface para la conexión de albañilería estructural armada. La articulación y formulación de flexión resiste a tensión donde la albañilería recibe la compresión. Así, la junta puede ser considerada sujeta a tensión de manera aislada. La rigidez k de una probeta es una medida da resistencia ofrecida por una probeta elástica a deformación y es así la relación de la fuerza aplicada la deformación producida. En mecánica, el módulo elástico (módulo de Young) es una propiedad intrínseca del material que es calculada como la relación de tensión para deformación, es decir

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{4}$$

Sustituyendo valores para  $\sigma$  y  $\varepsilon$ ,  $E = \frac{F/A}{\Delta/l}$  i.e.

$$E = \frac{Fl}{A\Delta} \quad (5)$$

A partir de los supuestos antes mencionados y recalculando se tienen los términos, a la ecuación de arriba puede ser

$$E = \left(\frac{F}{\Delta}\right)\left(\frac{L}{A}\right) \quad (6)$$

i.e.  $E = K \frac{l}{A}$  (7)

Así, el módulo de tensión de elasticidad para el material de la interface puede ser escrito en términos de rigidez de juntas de albañilería estructural armada  $k$  usando la Ecuación (4) como sigue,

$$E_{Eq.pseudomaterial} = \frac{L}{A} k_{Eq.pseudomaterial} \quad (8)$$

Sustituyendo los valores de rigidez experimental del elemento de la interface, el módulo de elasticidad del elemento de interface será, (para la vigueta de albañilería de largo unitario reforzado con área de sección transversal unitaria),  $E_{eq.pseudomaterial} = 883.77MPa$ .

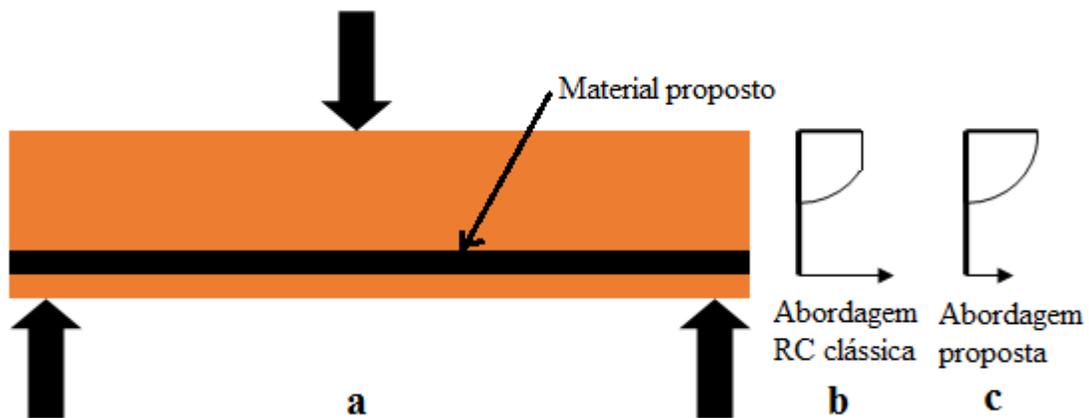


Figura 9. Vigueta típica de albañilería armada con relación de tensión b) diagrama de tensión como asumiendo la concepción de RC, c) diagrama de tensión con fuerza de tensión descontada y la tensión del bloque de albañilería.

La comparación de la tensión del bloque para albañilería estructural armada usando el abordaje clásico de proyecto RC (figura 9b) y la formulación propuesta para la interface de modelaje de albañilería estructural armada (figura 9c) es mostrada en la figura 9. El abordaje clásico de proyecto, la armadura cede primero y permite llevar la carga hasta su capacidad de producción. Como en el abordaje, el elemento de interface cede cuando una de las condiciones de frontera de la interface es violada. Esto resulta en una contribución relativamente menor de la armadura en comparación con el proyecto de RC clásico. Así, una vigueta de albañilería reforzada exigirá mayores profundidades y armadura perfilada con mortero de reparación o groutex en la

albañilería, de modo de no violar la condición de frontera de interface y esta abordaje es la que lleva a la solución ideal.

#### 4. CONCLUSIÓN

Investigaciones realizadas en albañilería armada enfocado en los materiales siendo. Unidad, mortero y armadura y junta indican las siguientes características.

I) La conexión entre la barra de acero y la albañilería no es perfecta.

Ii) Debido a deformaciones relativas de cizallamiento, ocurre pérdida en la deformación y, por tanto, desarrolla menos fuerza en la barra.

Iii) Las deformaciones relativas de cizallamiento son observadas debido a diferentes propiedades de cizallamiento de elementos individuales e interfaces entre ellos.

Iv) El elemento de pseudo-interface desarrollado predice modos de falla probable.

El comportamiento de la albañilería armada es diferente del RC, por tanto, pre supuestos de proyecto clásico de RC no pueden ser usados directamente para las unidades de albañilería consideradas. Esta diferencia sería más para bloques frágiles y morteros débiles. Considerando la complejidad de la junta de albañilería armada, este estudio presentó un abordaje para desarrollar un elemento de interface representando 5 elementos diferentes de una junta de albañilería armada. Este elemento de interface ayudaría en la concepción y modelaje de albañilería armada en la flexión. Sin embargo, los ensayos son realizados en un determinado tipo de bloque (unidad), mortero / mortero y armadura, el procedimiento experimental y abordaje propuesto para el desarrollo de la interface de este estudio es suficientemente robusto y puede ser usado para otros tipos de unidades, morteros y de armadura. El mismo abordaje puede ser útil en condiciones semejantes para simplificar las complejidades de las juntas o interfaces. El elemento de interface desarrollado ayudaría a los ingenieros a llegar a la solución de albañilería estructural armada más adecuada y económica.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Veermata Jijabai Technological Institute, en Mumbai, India, y al BMS College of Engineering, en Bangalore, en la India, por facilitar las instalaciones de ensayo y materiales utilizados para este estudio. El apoyo de los técnicos de laboratorio y asistentes de los laboratorios también es reconocido.

#### 6. REFERENCIAS

- Arezo Razavizadeh, Bahman Ghiassi, Daniel V Oliveira (2014), *Bond behavior of SRG-strengthened masonry units: Testing and numerical modeling*. Construction and Building Materials 64 (2014) 387–397 [https://en.wikipedia.org/wiki/Flexural\\_modulus](https://en.wikipedia.org/wiki/Flexural_modulus).
- Gumaste K. S., Venkatarama Reddy B. V., Nanjunda Rao K. S., Jagadish K. S. (2004), *Properties of burnt bricks and mortars in India*. Masonry Int 17(2):45–52.
- Hendry A. W. (1998), *Structural masonry*. Macmillan Press, London.
- Van Noort J. R. (2012), *Computational modelling of masonry structures*, Delft University of Technology, Master Thesis.
- Lenczner D. (1972), *Elements of load bearing brickwork*, Pergamon, Oxford.
- Matthana M. H. S. (1996), *Strength of brick masonry and masonry walls with openings*. Ph D thesis, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore, India.
- Narendra T. (2010), *Design of masonry structures*, 2nd Edition, International Code Council.
- Lourenço P. B. (1994), *Computational strategies for masonry structures*, PhD Thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

- Van Der Pluijm, R. (1992), *Material properties of masonry and its components under tension and shear*, in: Proc. 6th Canadian Masonry Symposium, eds. V.V. Neis, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, p. 675-686.
- Pluijm, R. Van Der (1993), *Shear behavior of bed joints*, in: Proc. 6th North American Masonry Conf., eds. A. A.
- Hamid and Harris H. G. (1993), Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA, p. 125-136.
- Raghunath S., Jagadish K. S. (1998), *Strength and elasticity of bricks in India*. Workshop on Recent Advances in Masonry Construction: WRAMC-98, Roorkee, India:141–150.
- Sarangapani G., Venkatarama Reddy B. V., Jagadish K. S. (2005), *Brick–mortar bond and masonry compressive strength*. J Mater Civil Eng (ASCE) 17(2):229–237.
- Mehendale S., Bambole A., Raghunath S. (2016), *Studies on Pull-Out Resistance of Reinforcement in Bed-Joint of Brick Masonry*, 10th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions –Anamnesis, diagnosis therapy, controls – Van Balen & Verstrynghe (Eds) © 2016 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02951-4, page 1093 - 1098
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Stiffness>
- Is 1786: 2008, *High strength deformed steel bars and wires for concrete reinforcement* — Specification (Fourth Revision).