

## PROCESAMIENTO DE DATOS GEOMETRICOS MEDIANTE TECNICAS DIC Y CODIGO FUENTE ABIERTO<sup>1</sup>

Oscar Möller<sup>2</sup>, Julio A. Mercanti<sup>3</sup>, Cinthia L. Ferreyra<sup>6</sup>, Paola Loshuisgi<sup>6</sup>, Natalia L. Nowak<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Trabajo de Investigación, Proyecto del Programa de Incentivos Código 16-I131

<sup>2</sup> Director de Proyecto, Doctor Ingeniero, [moller@fceia.unr.edu.ar](mailto:moller@fceia.unr.edu.ar)

<sup>3</sup> Docente Investigador, Ingeniero Civil, [mercanti@fio.unam.edu.ar](mailto:mercanti@fio.unam.edu.ar)

<sup>6</sup> Integrante de Proyecto, Estudiante Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Argentina, [cinthialferreyra@gmail.com](mailto:cinthialferreyra@gmail.com)

### Resumen

El código fuente de un programa informático (o software) es un conjunto de líneas de texto con los pasos que debe seguir la computadora para ejecutar dicho programa. El mismo está escrito en algún lenguaje de programación, pero en este primer estado no es directamente ejecutable por la computadora, sino que debe ser traducido a otro lenguaje o código binario; así será más fácil para la máquina interpretarlo (lenguaje máquina o código objeto que sí pueda ser ejecutado por el hardware de la computadora). Para esta traducción se usan los llamados compiladores, ensambladores, intérpretes y otros sistemas de traducción. Por otro lado la correlación de imágenes digitales permite obtener gran cantidad de información en términos de valores desplazamientos cuando es aplicada al análisis de elementos sometidos a esfuerzos mecánicos, en ensayos mecánicos destructivos y no destructivos. El objetivo del presente trabajo es presentar una propuesta de código abierto en fortran que permita procesar resultados obtenidos por técnicas DIC para estimar relaciones entre parámetros geométricos de un elemento de material conocido sometido a un ensayo mecánico.

**Palabras Clave:** *FORTTRAN – Ladrillos LCH – Datos Experimentales - DIC.*

## **Introducción**

Una de las aplicaciones más importantes de un código fuente es el procesamiento de datos numéricos a alta velocidad y a bajo costo computacional, lo cual permite que el mismo se convierta en una herramienta de considerable utilidad a la hora de procesar resultados de ensayos mecánicos. Paralelamente, la técnica de análisis por correlación de imágenes digitales (DIC) tiene aplicación en el estudio del comportamiento mecánico de materiales diversos y se utiliza como una manera de amplificar el volumen de información recopilada en ensayos destructivos y no destructivos. Una de las aplicaciones posibles es estudiar deformaciones específicas en materiales sometidos a ensayos mecánicos. Debido a la gran cantidad de datos que se obtienen resulta necesario encontrar una herramienta de procesamiento de estos que aporte relativa velocidad en el tratamiento de los mismos. Surge así la propuesta del presente trabajo de elaborar un código abierto en lenguaje fortran que permita estimar diferentes relaciones entre parámetros geométricos.

A manera de establecer una didáctica se propuso encontrar la relación entre deformaciones medias transversales y longitudinales en una sección de ladrillo cerámico hueco sometida a compresión cuyo ensayo fue filmado para procesar el comportamiento del ladrillo por técnica DIC para luego captar resultados de desplazamiento, con el objetivo de encontrar la relación entre ambas deformaciones mediante la implementación de un código abierto en lenguaje fortran.

## **Metodología**

Los resultados de desplazamientos de puntos extremos del ladrillo ubicados en la faja central vertical y horizontal se obtienen del software GOM CORRELATE, el cual analiza por correlación de imágenes digitales los diferentes estados de deformación que adquiere el elemento en un ensayo mecánico a rotura por en columnas ordenadas y se ingresan al código fuente desde un archivo txt. Luego se procesa la información siguiendo el algoritmo desarrollado a continuación:

Partiendo del algoritmo presentado anteriormente, se desarrolló en el código fuente en LENGUAJE FORTRAN.

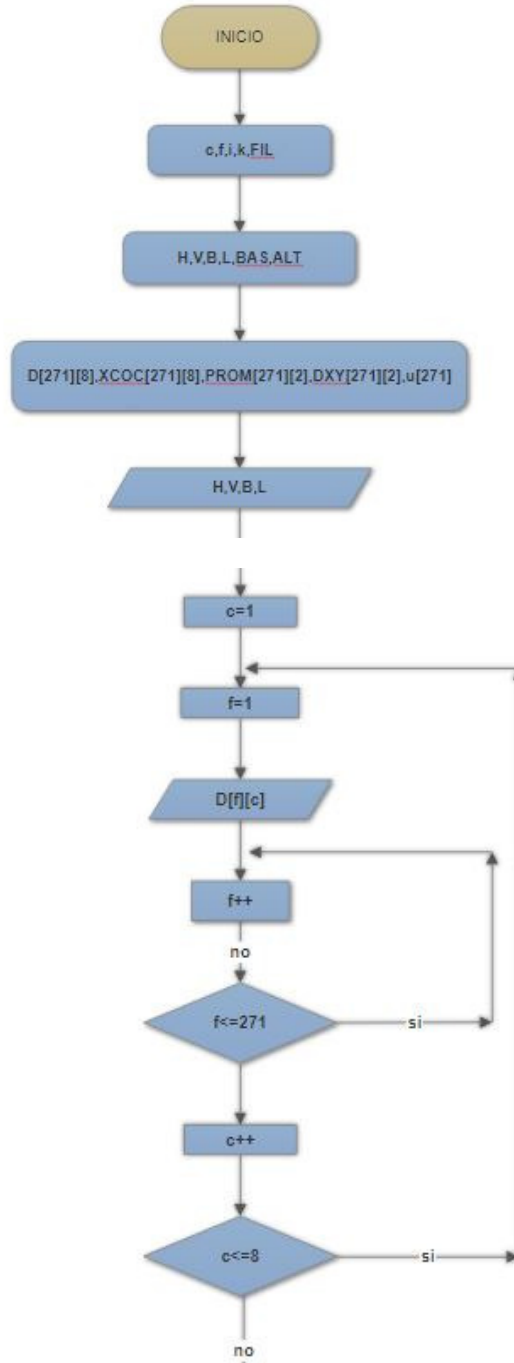
```

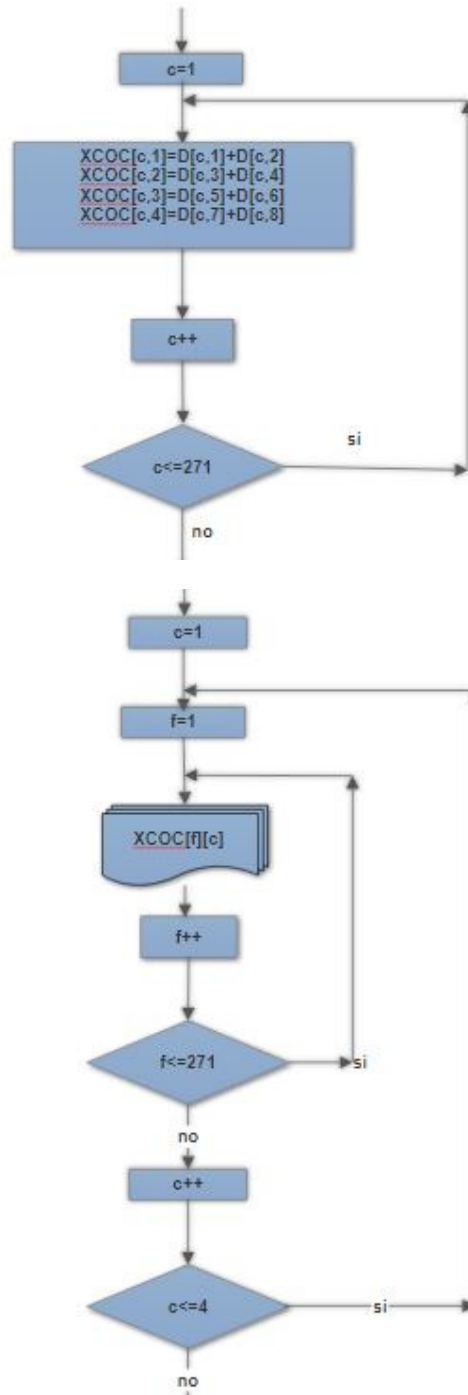
program PREPOISSON
implicit none
integer c, f, i, k, FIL
real H, V, B, L, BAS, ALT
real D(271,8), XCOC(271,8), PROM(271,2), DXY(271,2), u(271)
FIL=271
write (*,*) 'Ingrese las dimensiones'
write (*,*) ''
write (*,*) 'h entre 2-14'
read (*,*) H
write (*,*) 'h entre 3-15'
read (*,*) V
write (*,*) 'l entre 5-8'
read (*,*) L
write (*,*) 'l entre 9-12'
read (*,*) B
open (8, file='D:\Usuario\Desktop\Fortran\PREPOISSON\PREPOISSON\DATOS.txt')
open (9, file='Text1.txt', status='old')
write (9,*) ''
write (9,*) 'Suma 5-8, 9-12, 2-14, 3-15'
write (9,*) ''
do c=1,FIL
read (8,*) D(c,1), D(c,2), D(c,3), D(c,4), D(c,5), D(c,6), D(c,7), D(c,8)
XCOC(c,1)= D(c,1)+D(c,2)
XCOC(c,2)= D(c,3)+D(c,4)
XCOC(c,3)= D(c,5)+D(c,6)
XCOC(c,4)= D(c,7)+D(c,8)

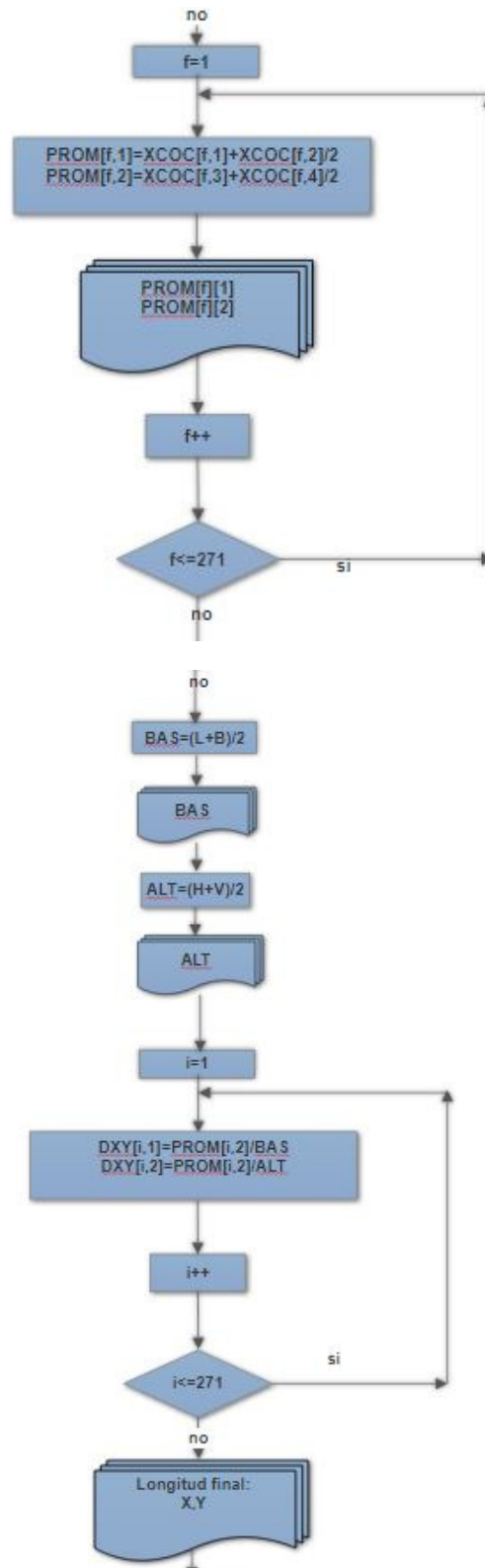
write (9,*) XCOC(c,1), XCOC(c,2), XCOC(c,3), XCOC(c,4)
enddo
write (9,*) ''
write (9,*) 'Promedio de las columnas [5-8, 9-12] [2-14 y 3-15]'
write (9,*) ''
do f=1, FIL
PROM(f,1)=(XCOC(f,1)+XCOC(f,2))/2
PROM(f,2)=(XCOC(f,3)+XCOC(f,4))/2
write (9,*) PROM(f,1), PROM(f,2)
enddo
write (9,*) ''
BAS=(L+B)/2
write (9,*) 'La base promedio es: ', BAS
ALT=(H+V)/2
write (9,*) 'La altura promedio es: ', ALT
write (9,*) ''
do i=1, FIL
DXY(i,1)=PROM(i,1)/BAS
DXY(i,2)=PROM(i,2)/ALT
enddo
write (9,*) 'Longitud final X, Y: '
write (9,*) ''
do i=1, FIL
write (9,*) DXY(i,1), DXY(i,2)
enddo
write (9,*) ''
write (9,*) 'RELACIÓN Y, X: '

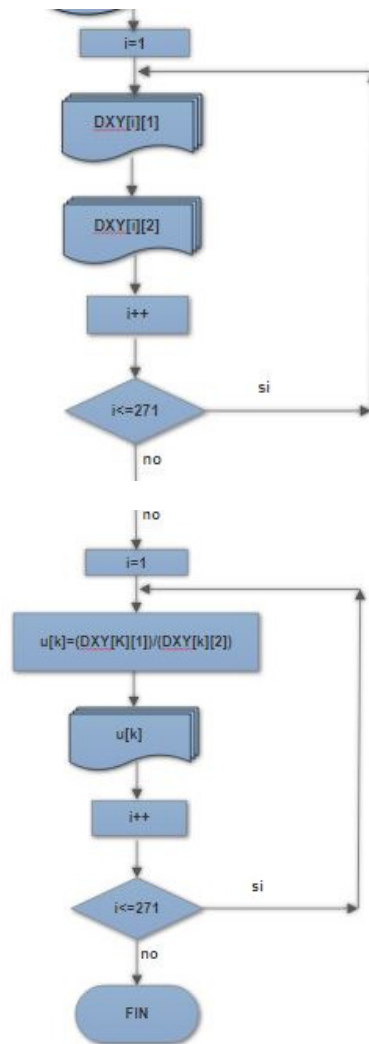
```

A continuación se describe el proceso en diagramas de flujo que esta basado en el pseudocódigo anterior, y el mismo es desarrollado con datos específicos de un tipo de ladrillo en particular:



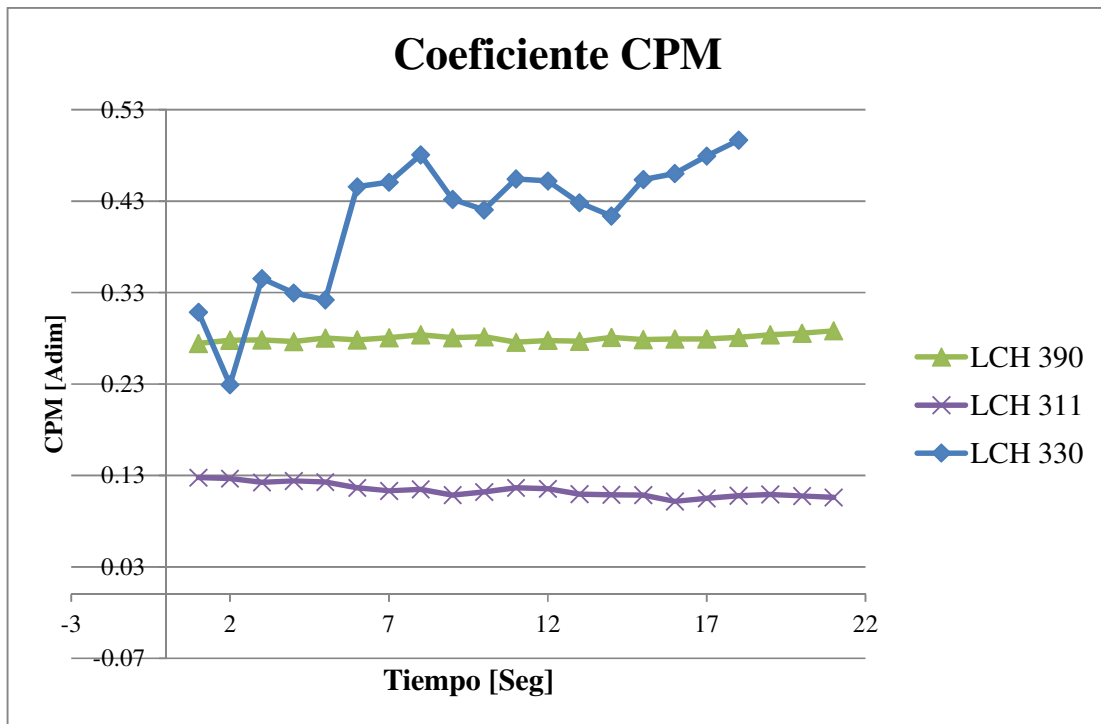






## Resultados y Discusión

Se presentan los resultados procesamiento a través del código fuente PREPOISSON diseñado para tal efecto. Los datos mantienen el signo inicial y luego de captar los resultados son trabajados en valor absoluto para obtener la función y valores medios. Se observa en la función una variación al principio del ensayo analizado, luego la función se estabiliza hasta que ocurre la primera fisura en el ladrillo dado que a partir de ese instante la relación entre deformaciones transversales y longitudinales adopta un comportamiento no lineal. La figura 1 muestra los valores de cpm (coeficiente de Poisson modificado) para el intervalo de tiempo de mayor estabilidad de la relación estudiada.



**Figura 1. Coeficientes cpm en función del tiempo.**

Se muestran a continuación graficas de análisis de los resultados obtenidos por el código fuente, los cuales se procesan por software de estadística.

Recuento	58
Promedio	0.260922
Desviación Estándar	0.129699
Coeficiente de Variación	49.7081%
Mínimo	0.101865
Máximo	0.496743
Rango	0.394878
Sesgo Estandarizado	0.717167
Curtosis Estandarizada	-1.83511

**Tabla 1. Resumen Estadístico para Cpm gral.**



La tabla 1 muestra un resumen de parámetros estadísticos para las 3 muestras analizadas donde se puede observar un alto grado de dispersión de los datos. Descartando valores alejados, se ajusta el resumen tal cual se puede observar en la tabla 2.

	<i>cpm311</i>	<i>cpm390</i>	<i>cpm330</i>
Recuento	18	18	18
Promedio	0.114667	0.279063	0.411314
Desviación Estándar	0.007615	0.0023582	0.072993
	6	2	3
Coefficiente de Variación	6.6415%	0.845048%	17.7464%
Mínimo	0.101865	0.274321	0.229219
Máximo	0.127814	0.283996	0.496743
Rango	0.025948	0.0096755	0.267525
	7		
Sesgo Estandarizado	0.495123	-0.133656	-2.04065
Curtosis Estandarizada	-	0.122539	0.587989
	0.759567		

**Tabla 2. Resumen Estadístico discriminado por muestras.**

Se puede observar que existe gran variabilidad en los datos obtenidos en cada muestra y en algunos casos el cociente entre deformaciones es considerablemente inestable.

	<i>cpm311</i>	<i>cpm390</i>	<i>cpm330</i>
		0	
<i>cpm311</i>		-0.4520	-0.8228
		(18)	(18)
		0.0597	0.0000
<i>cpm390</i>	-0.4520		0.4139
	(18)		(18)
	0.0597		0.0877
<i>cpm330</i>	-0.8228	0.4139	
	(18)	(18)	
	0.0000	0.0877	

**Tabla 3. Índices de Correlación entre ensayos.**

La tabla 3 presenta índices de correlación entre ensayos, mostrando valores por debajo de 0.9 en los mejores casos.

## Conclusiones

Se ha presentado un método para estimar la relación entre deformaciones longitudinales y transversales. El método sirve a los efectos de poder optimizar el tiempo computacional invertido en procesar datos obtenidos por correlación de imágenes digitales. De los resultados procesados se puede observar un comportamiento inestable al principio y al final del ensayo. Esto se debe en el inicio del proceso de toma de carga que experimenta el ladrillo, y al final debido a la no linealidad incurrida después de haberse producido las fisuras en el mampuesto. A futuro se estima necesario evaluar un lote de ensayos más grande para reducir el efecto de la dispersión en los resultados.

## Referencias

- Julian Ajith Thamboo, Manicka Dhanasekar, Cheng Yan. (2013). Flexural and shear bond characteristics of thin layer polymer cement mortared concrete masonry, *Construction and Building Materials*, 46, 104113.
- Xiangjun Dai, Fujun Yang, Zhenning Chen, Xinxing Shao, Xiaoyuan He (2015). Strain field estimation based on digital image correlation and radial basis function, *Optics and Lasers in Engineering*, 65 (2015), 6472.
- Yue Gao, Teng Cheng, Yong Su, Xiaohai Xu, Yong Zhang, Qingchuan Zhang. (2015). High-efficiency and high-accuracy digital image correlation for three-dimensional measurement, *Optics and Lasers in Engineering*, 65, 73-80.
- Huu-Luyen Nghiem, Marwan Al Heib, Fabrice Emeriault. (2015). Method based on digital image correlation for damage assessment in masonry structures, *Engineering Structures*, 86, 115.
- López-Alba E, López-García R, Dorado R, Díaz F. A. (2012). Aplicación de correlación digital de imágenes para el análisis de problemas de contacto. XIX Congreso Nacional De Ingeniería Mecánica. ISSN-0212-5072. Asociación Española de Ingeniería Mecánica. Castellón, España.
- F.M. Sánchez- Arévalo, G. Pulos. (2008). Use of digital image correlation to determine the mechanical behavior of materials, *Materials Characterization* 53, 1572-1579.

M.A. Sutton, J.H. Yan, V. Tiwari, H.W. Schreier, J.J. Orteu. (2008). The effect of out-of-plane motion on 2D and 3D digital image correlation measurements. *Optics and Lasers in engineering*, 46, 746-757.