



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS
CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO**

Jesús Alberto Moreno Ramírez

Asesorado por el Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS
CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JESÚS ALBERTO MORENO RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑÓNEZ DE LA CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel López Juárez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Civil, con fecha 8 de abril de 2014.



Jesús Alberto Moreno Ramírez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 13 de marzo de 2015

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO”**, desarrollado por el estudiante universitario **Jesús Alberto Moreno Ramírez**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Moreno Ramírez**, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,


Francisco Javier Quiménez de la Cruz
Coordinador Unidad de Investigación –UIEIC-



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 11 de marzo de 2015

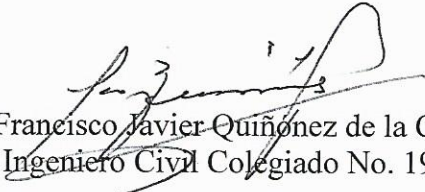
Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO”**, desarrollado por el estudiante universitario **Jesús Alberto Moreno Ramírez**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Moreno Ramírez**, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,


Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Ingeniero Civil Colegiado No. 1941

FRANCISCO JAVIER QUIÑÓNEZ DE LA CRUZ
Ingeniero civil colegiado No. 1941



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de la Unidad de Investigación, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Jesús Alberto Moreno Ramírez, titulado ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2015

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO**, presentado por el estudiante universitario: **Jesús Alberto Moreno Ramírez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 30 de abril de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y la oportunidad de alcanzar otro logro académico.
Mis padres	Julio Moreno y Delia Ramírez, por darme todas las herramientas necesarias para mi formación académica y son mi inspiración para seguir luchando en la vida.
Mis hermanos	Julio Cesar, Ericka Noelia, Maricela del Rosario, Luis Fernando y Delia Elizabet Moreno Ramírez, por ser parte importante de mi vida.
Mis cuñados	Julio Gutiérrez, Oscar Delgado y Ana Cuellar, por su apoyo.
Mis sobrinos	Brayan Gutiérrez, Katerin Gutiérrez, Alexander Moreno y Javier Delgado.
Mis abuelos	Calixto Moreno (q.e.p.d.), Catalina Esturbán (q.e.p.d.), Rafael Ramírez y Flavia Calderón.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser un centro de enseñanza a través de todo este ciclo de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de utilizar sus instalaciones y formarme como una persona consciente de lo que existe en nuestro alrededor.
Ing. Javier Quiñonez	Por darme la oportunidad de realizar este trabajo de graduación junto a él y que me ha dejado una gran enseñanza de vida por medio de la investigación.
Ing. Jorge Vettorazzi	Por ser una persona que inculcó en mí la responsabilidad y ética hacia la sociedad como ingeniero y transmitir sus conocimientos hacia mi persona sin egoísmo.
Ing. Virgilio Ayala	Por darme una visión diferente de la vida a través de sus pláticas donde deja claro que todo es posible.
Ing. Mario Corzo	Por transmitir su conocimiento de una manera singular, es única.

Sección de Estructuras del CII

Por su ayuda incondicional en mi trabajo de graduación.

Don Fabio Sánchez

Por apoyo y consejos dados en toda la parte experimental de este trabajo.

Mis amigos

Por acompañarme en todo momento.

Familia Rodas Sandoval

Por ser gran apoyo en situaciones difíciles de mi vida y demostrar su aprecio sin esperar nada a cambio.

Mi familia

Por apoyarme incondicionalmente en mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Sistema constructivo tipo emparedado.....	1
1.1.1. Antecedentes.....	2
1.1.2. Núcleos.....	3
1.1.3. Membranas.....	4
1.2. Cultivo de maíz.....	6
1.2.1. Partes de la planta de maíz	7
1.2.2. Importancia del cultivo de maíz	9
1.2.3. Producción.....	10
1.2.4. Residuos de maíz	11
1.3. Aglomerante natural	13
1.3.1. Puzolana.....	13
1.3.1.1. Clasificación según su	
química/mineralogía	14
1.3.1.1.1. Puzolanas naturales	14
1.3.1.1.2. Puzolanas artificiales....	15
1.3.1.2. Clasificación según su	
comportamiento	16

1.3.2.	Cal.....	17
1.3.2.1.	Clasificación de la cal viva.....	18
1.3.2.2.	Hidratación	19
1.3.3.	Cementos cal-puzolana (CCP).....	21
1.3.3.1.	Aplicaciones del CCP	22
2.	MARCO EXPERIMENTAL	23
2.1.	Materias primas.....	23
2.1.1.	Residuo de maíz	23
2.1.2.	Puzolana	24
2.2.	Preparación de los materiales.....	25
2.2.1.	Residuo de maíz	25
2.2.1.1.	Cañas.....	26
2.2.1.2.	Fibra	26
2.2.2.	Aglomerante natural	27
2.2.2.1.	Tamizado.....	27
2.2.2.2.	Secado	28
2.2.2.3.	Molienda de la puzolana.....	29
2.3.	Mezclas de aglomerante y agregados naturales.....	30
2.4.	Método constructivo de los núcleos	31
2.4.1.	Núcleo CeNCa tipo “F”	31
2.4.2.	Núcleo CeNCa tipo “P”	32
2.4.3.	Núcleo CeNCa tipo T	36
2.5.	Elaboración de los núcleos	38
2.5.1.	Núcleo CeNCa tipo “F”	38
2.5.2.	Núcleo CeNCa tipo “P”	39
2.5.3.	Núcleo CeNCa tipo “T”	40
2.6.	Ensayo a compresión de los núcleos	42
2.6.1.	Núcleo CeNCa tipo “F”	43

2.6.2.	Núcleo CeNca tipo “P”	43
2.6.3.	Núcleo CeNca tipo “T”	45
2.7.	Ensayo a flexión de los núcleos	45
2.7.1.	Núcleo CeNca tipo “F”	46
2.7.2.	Núcleo CeNca tipo “P”	47
2.7.3.	Núcleo CeNca tipo “T”	47
2.8.	Resultados.....	48
2.8.1.	Núcleo CeNca Tipo “F”	48
2.8.1.1.	Ensayo a flexión	48
2.8.1.2.	Ensayo a compresión	54
2.8.2.	Núcleos CeNca tipo “P”	63
2.8.2.1.	Ensayo a flexión	63
2.8.2.2.	Ensayo a compresión	71
2.8.3.	Núcleos CeNca tipo “T”	80
2.8.3.1.	Ensayo a flexión	80
2.8.3.2.	Ensayo a compresión	87
2.9.	Aplicación de núcleos CeNca para un sistema de construcción tipo emparedado.....	96
2.10.	Análisis de resultados.....	103
2.10.1.	Núcleo CeNca tipo “F”	103
2.10.2.	Núcleo CeNca tipo “P”	106
2.10.3.	Núcleo CeNca tipo “T”	109
CONCLUSIONES		115
RECOMENDACIONES		117
BIBLIOGRAFÍA.....		119
APÉNDICES		123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Construcción de muros tipo emparedado.....	2
2.	Núcleos de material vegetal	4
3.	Muro de ferrocemento de pared delgada	6
4.	Partes de la planta de maíz.....	8
5.	Distribución de la producción a nivel nacional.....	11
6.	Residuo de maíz	24
7.	Banco de material puzolánico ubicado en Tecpán.....	25
8.	Limpieza de residuo de maíz	26
9.	Picado del residuo de maíz	27
10.	Tamizado de la puzolana	28
11.	Secado de la puzolana.....	29
12.	Molienda de puzolana	30
13.	Construcción del núcleo CeNCa tipo “F”	32
14.	Construcción de paquete de caña de maíz	34
15.	Construcción de núcleo CeNCa tipo “P”.....	35
16.	Construcción de refuerzo para núcleo CeNCa tipo “T”	37
17.	Construcción de núcleo CeNCa tipo “T”.....	38
18.	Detalle planta núcleo CeNCa tipo “P”.....	39
19.	Detalle corte A-A’ núcleo CeNCa tipo “P”.....	40
20.	Detalle planta núcleo CeNCa tipo “T”	41
21.	Detalle corte A-A’ núcleo CeNCa tipo “P”.....	41
22.	Esquema del ensayo a compresión de los núcleos.....	43
23.	Esquema del ensayo a flexión de los núcleos.....	46

24.	Esquema del ensayo a flexión de los núcleos	47
25.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNCa “F”, muestra 1	49
26.	Gráfica evolución de la elástica núcleo CeNCa “F”, muestra 1	50
27.	Detalle de fallas núcleo CeNCa “F”, muestra 1	50
28.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNCa “F”, muestra 2	51
29.	Gráfica evolución de la elástica núcleo CeNCa “F”, muestra 2	51
30.	Detalle de fallas núcleo CeNCa “F”, muestra 2	52
31.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNCa “F”, muestra 3	52
32.	Gráfica evolución de la elástica núcleo CeNCa “F”, muestra 3	53
33.	Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 3	53
34.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 4	55
35.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 4	56
36.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 3 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 4	56
37.	Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 4	57
38.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5	57
39.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5	58
40.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 3 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5	58
41.	Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5	59
42.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 6	59
43.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 6	60

44.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 3 núcleo CeNca tipo “F”, muestra 6	60
45.	Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “F”, muestra 6	61
46.	Gráfica esfuerzo <i>versus</i> deformación unitaria núcleos CeNca tipo “F”	62
47.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión 1 núcleo CeNca tipo “P”, 1er ciclo, muestra 1	64
48.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión 1 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1 ...	64
49.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión 2 núcleo CeNca tipo “P”, 1er ciclo, muestra 1	65
50.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión 2 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1 ...	65
51.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión 3 núcleo CeNca tipo “P”, 1er ciclo, muestra 1	66
52.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión 3 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1 ...	66
53.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNca tipo “P”, 3ra. carga, muestra 1	67
54.	Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “P”, tercera carga, muestra 1	67
55.	Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1	68
56.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNca tipo “P”, muestra 2	68
57.	Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “P”, muestra 2	69
58.	Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “P”, muestra 2	69
59.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNca tipo “P”, muestra 3	70
60.	Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “P”, muestra 3	70
61.	Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “P”, muestra 3	71
62.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 4	74
63.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 4	74

64.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 3 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 4.....	75
65.	Detalle de falla núcleo CeNca tipo “P”, muestra 4.....	75
66.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 5.....	76
67.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 5.....	76
68.	Detalle de falla núcleo CeNca tipo “P”, muestra 5.....	77
69.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 6.....	77
70.	Gráfica real carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 6.....	78
71.	Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “P”, muestra 6.....	78
72.	Gráfica esfuerzo <i>versus</i> deformación unitaria núcleos CeNca tipo “P”	80
73.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleo CeNca tipo “T”, muestra 1	82
74.	Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “T” muestra 1	82
75.	Detalle de falla núcleo CeNca tipo “T”, muestra 1	83
76.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión del núcleo CeNca tipo “T” muestra 2 (más detallada)	83
77.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión del núcleo CeNca tipo “T”, muestra 2.....	84
78.	Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “T”, muestra 2	84
79.	Detalle de falla núcleo CeNca tipo “T”, muestra 2.....	85
80.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión del núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3 (más detallada)	85
81.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión del núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3.....	86
82.	Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3	86

83.	Detalle de falla núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 3	87
84.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 4	90
85.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 4	90
86.	Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 4	91
87.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 5	91
88.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 5	92
89.	Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 5	92
90.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 1 núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 6	93
91.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación 2 núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 6	93
92.	Detalle falla núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 6	94
93.	Gráfica esfuerzo <i>versus</i> deformación unitaria núcleos CeNCa tipo “T”	95
94.	Solera de humedad y los pines	96
95.	Sepadores de la malla electrosoldada	97
96.	Colocación de la primera malla electrosoldada	97
97.	Colocación de los núcleos.....	98
98.	Amarre con el alambre los dos pines	98
99.	Plomeado de cada núcleo	99
100.	Colocación terminada de los núcleos.....	99
101.	Colocación de la segunda malla electrosoldada	100
102.	Colocación del forjado.....	100
103.	Lanzado del mortero	101
104.	Colocación de la primera capa de mortero.....	101

105.	Muro terminado.....	102
106.	Partes del sistema tipo emparedado.....	102
107.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión, núcleos CeNca tipo “F”	104
108.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación para las muestras.....	105
109.	Gráfica de carga <i>versus</i> deflexión, núcleos CeNca tipo “P”	107
110.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación núcleo tipo “P”	109
111.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión núcleos tipo “T”	110
112.	Grafica carga <i>versus</i> deformación núcleo tipo “T”	112
113.	Gráfica carga <i>versus</i> deflexión, ensayo de flexión para los tres tipos de núcleos	113
114.	Gráfica carga <i>versus</i> deformación, ensayo de compresión para los tres tipos de núcleos	113

TABLAS

I.	Proporción de los componentes de una planta de maíz	12
II.	Clasificación química de la cal viva según ASTM.....	18
III.	Cargas de compresión para núcleo CeNca tipo “P”	44
IV.	Carga de compresión para núcleo CeNca tipo “T”	45
V.	Resultados ensayo a flexión núcleos CeNca tipo “F”	48
VI.	Resultados ensayo a compresión núcleo CeNca “F”	54
VII.	Resultados esfuerzo y deformación unitaria núcleos CeNca tipo “F”	61
VIII.	Resultados ensayo a flexión núcleos CeNca tipo “P”.....	63
IX.	Resultados ensayo a compresión núcleo CeNca “P”	72
X.	Resultados esfuerzo y deformación unitaria núcleos CeNca tipo “P”	79
XI.	Resultados ensayo a flexión núcleo CeNca tipo “T”	81
XII.	Resultados ensayo a compresión núcleos CeNca tipo “T”	88

XIII.	Resultados esfuerzo y deformación unitaria núcleos CeNca tipo "T".....	94
-------	---------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
P	Carga
°C	Celsius, unidad de temperatura
cm	Centímetro, unidad de longitud
cm²	Centímetro cuadrado, unidad de área
Δ	Deformación, cambio de longitud por fuerza externa
ε	Deformación unitaria
CO₂	Dióxido de carbono
σ	Esfuerzo
g	Gramo, unidad de peso
kg	Kilogramos, unidad de peso
L	Longitud efectiva
MPa	Mega pascales, unidad de esfuerzo
m	Metros, unidad de longitud
mm	Milímetro
E	Módulo de elasticidad
No.	Número
%	Porcentaje
in	Pulgadas, unidad de longitud

GLOSARIO

Aglomerante	Material capaz de unir de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto.
Agrietamiento	Aparición y formación de grietas en una superficie.
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para Ensayo y Materiales (American Society for Testing and Materials).
CeNCa	Elementos contruidos con cemento natural y cañas de maíz.
CII	Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.
<i>Clinker</i>	Es el principal componente de cemento Portland.
Compresión	Fuerza que se ejerce sobre un elemento reduciendo su tamaño.
Consistencia	Cualidad de la materia que resiste sin romperse ni deformarse fácilmente.
Deflexión	Desplazamiento que sufre un elemento por el efecto de flexiones internas.

Deformación	Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo.
Deformómetro	Es un instrumento de medición de precisión para medir desplazamientos.
Ductilidad	Es un propiedad que presentan algunos materiales, los cuales bajo la aplicación de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse.
Ensilaje	Consiste en almacenar en recipientes llamados silos.
Esfuerzo	Es la resistencia que ofrece un área unitaria del material del cual está hecho el miembro para una fuerza aplicada.
Flexibilidad	Capacidad de doblarse un cuerpo fácilmente y sin que exista peligro de que se rompa.
Gramíneas	Familia de plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco, hojas alternas que abrazan el tallo, flores agrupadas en espigas o en panojas y grano seco cubierto por las escamas de la flor.
Granulometría	Graduación que se lleva a cabo de los granos de un material.

Inflorescencia	Conjunto de flores que nacen agrupadas de un mismo tallo.
MAGA	Siglas del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
Pandeo	Es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

RESUMEN

En este trabajo se elaboraron y evaluaron núcleos con materiales volcánicos y desechos de la planta de maíz, como parte de un sistema constructivo tipo emparedado para construcción de viviendas. El uso de estos materiales puede representar una forma viable de empleo a través de pequeñas empresas familiares, ya que no es necesaria la mano de obra calificada, así también una optimización de tiempos en la construcción comparado con otros sistemas constructivos.

El sistema tipo emparedado para la construcción está constituido por dos partes que son los núcleos y la membrana. Los núcleos son los que definen las propiedades termo acústicas y las membranas la parte estructural del sistema.

La utilización del desecho maíz en la elaboración de los núcleos representa una opción que ayuda a reducir el peso y aumentar su capacidad de carga por el refuerzo adicional que representa. Por otra parte, ayuda a los agricultores a tener preparado el terreno para la próxima cosecha y no crear emisiones de CO₂ a través de la quema de este tipo de desecho.

La elaboración, ensayo y la evaluación de los núcleos se realizó en la Sección de Ecomateriales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Ensayos de compresión y flexión, para determinar cargas experimentales fueron realizados. Previamente se establecieron las cargas de diseño con base en las características de funcionalidad.

OBJETIVOS

General

Elaborar y evaluar núcleos de baja densidad para un sistema constructivo tipo emparedado para construcción de muros de viviendas, utilizando materiales de origen volcánico, cal y desechos del cultivo de maíz.

Específicos

1. Resumir las características de los materiales volcánicos como materia prima para la producción de aglomerantes.
2. Evaluar la trabajabilidad, consistencia, distribución del agregado y densidad de las mezclas con agregados y aglomerante naturales.
3. Evaluar las opciones en la utilización de desechos de maíz en la construcción de núcleos para disminuir su densidad.
4. Establecer y experimentar el proceso de elaboración de los núcleos.
5. Construir y evaluar los núcleos a través de ensayos de compresión y flexión.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación consiste en la elaboración y evaluación de núcleos de baja densidad contruidos con aglomerantes y agregados de materiales volcánicos y residuos de maíz, como parte de un sistema constructivo tipo emparedado.

Al utilizar agregados y aglomerantes naturales se reduce los niveles de contaminación por los escasos procesos de producción de estos materiales, reduciéndose los componentes de contaminación a la producción de cal, sin embargo, la cantidad que se utiliza de esta, es muy pequeña.

Por otra parte, en la actualidad en Guatemala se produce anualmente gran cantidad de maíz, los cuales producen un residuo (caña y hojas), que año tras año es quemado por los agricultores antes de la nueva siembra, generando la emanación de CO₂ a la atmósfera.

La elaboración de núcleos con materia prima, procesos de construcción y mano de obra del lugar, podría reducir los costos de construcción en comparación con otros sistemas constructivos convencionales. Además, la utilización de aglomerantes y agregados naturales, unido a la utilización de desechos agrícolas, traería como consecuencia una reducción en los niveles de contaminación.

Para evaluar las condiciones de traslado y de carga en los núcleos, se realizaron ensayos a compresión y flexión a tres tipos diferentes y en todos se obtuvieron resultados mayores a la carga de diseño propuesta, por lo que pueden ser utilizados en el sistema tipo emparedado.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistema constructivo tipo emparedado

El sistema tipo emparedado se puede generar a partir de núcleos de baja resistencia envuelto en membranas, que definen las propiedades mecánicas del muro bajo condiciones estáticas y de carga sísmica. Los núcleos están contruidos con materiales preferentemente livianos y no aportan resistencia al sistema y las membranas están contruidas con materiales con propiedades mecánicas que contribuyen con la capacidad estructural del muro.

Este tipo de sistema es común en el mercado actual de la construcción, tiene una gran variedad de usos como en paredes, losas y cubiertas de vivienda, debido a que posee excelentes propiedades termoacústicas y mecánicas, así también, se obtienen otras ventajas como la optimización de tiempo y reducción de costos que otros sistemas tradicionales no poseen.

Este sistema se encuentra clasificado como un material compuesto de gran similitud con materiales matriciales y laminados, los cuales representan las formas primarias de las estructurales compuestas. El material compuesto está constituido por fases discontinuas como partículas y fibras o combinaciones, en una fase continua. Entre los materiales más conocidos de este tipo son: el hormigón reforzado con acero y los que contienen material fibroso o tejido de mallas, estos materiales brindan rigidez y resistencia transversal y transfiere los esfuerzos a las barras o mallas de acero.

Las fallas que se presentan en este tipo de sistema son: pandeo, falla por torsión por esfuerzo cortante y hundimiento en la membrana. Mediante el reforzamiento adicional con barras que atraviesan a los núcleos y unen las membranas, se ha demostrado un mejor comportamiento del sistema evitando este tipo de fallas. En la figura 1 se muestra la construcción de un muro tipo emparedado para la realización de ensayos con cargas cíclicas.

Figura 1. **Construcción de muros tipo emparedado**



Fuente: BEDOYA-RUIZ, Daniel. *Experiencias sobre residuos agroindustriales en la construcción de vivienda de ferrocemento*. p. 504.

1.1.1. Antecedentes

Los muros tipo emparedado con núcleos de poliuretano fueron utilizados desde hace más de 50 años, aproximadamente a finales de la Segunda Guerra Mundial cuando existía una gran demanda de cámaras de conservación; este sistema ha evolucionado poco a poco hasta llegar a lo que se conocen como paneles tipo emparedado de poliuretano inyectado.

En experiencias anteriores han utilizado membranas de diferentes materiales como concreto reforzado, asbesto cemento, ferrocemento, así también, en investigaciones se ha demostrado que el uso de residuos agroindustriales como cascarilla de arroz, café y papel, son una forma viable para la construcción de núcleos permitiendo generar elementos de bajo costo y podrían minimizar los impactos ambientales en comparación con otros materiales importados que se han utilizado, entre los cuales se pueden mencionar: poliestireno expandido, cámaras de aire y diferentes tipos de esponjas.

Este sistema construido con ferrocemento y núcleos de residuo agroindustrial mostraron buena resistencia a flexión y compresión, suficiente ductilidad y capacidad de disipar energía bajo cargas cíclicas sin presentar modos frágiles de falla. A través de la construcción de una vivienda se evaluaron los procesos constructivos y costos, en donde se demostró que la fabricación de la vivienda fue rápida y el costo inferior comparado a los sistemas constructivos tradicionales.

1.1.2. Núcleos

Los núcleos definen el comportamiento térmico y acústico del sistema que determina la habitabilidad de las estructuras, sin embargo, no contribuyen a la resistencia del sistema tipo emparedado; la membrana es la que define las propiedades mecánicas del muro.

Los materiales utilizados en la construcción de los núcleos deben permitir crear núcleos de espesores considerables aumentando el aislamiento termoacústico. Los núcleos deben poseer un espesor de 3 a 5 veces el tamaño de la membrana.

En el núcleo la granulometría del material determina la trabajabilidad, las propiedades de la mezcla, el empaquetamiento y las propiedades mecánicas finales del material compuesto, es preferible usar una granulometría heterogénea y natural para optimizar tiempo.

Los núcleos pueden tener cualquier forma y tamaño, ser aligerados o sólidos. Aligerar el núcleo mejora las condiciones termoacústicas, se disminuye el peso y facilita la manipulación. Los núcleos pueden construirse con aglomerantes naturales y agregados livianos, con lo cual se obtendrían bajas densidades. Adicionalmente se podrían emplear los desechos del cultivo del maíz para aligerar aún más los elementos y reducir la contaminación. La figura 2 muestra núcleos realizados con materiales de desechos agroindustriales.

Figura 2. **Núcleos de material vegetal**



Fuente: BEDOYA-RUIZ, Daniel. *Experiencias sobre residuos agroindustriales en la construcción de vivienda de ferrocemento*. p. 496.

1.1.3. Membranas

Las membranas son de pequeños espesores de 10 mm a 50 mm que determinan las propiedades mecánicas, el desempeño sísmico, así también es utilizada para dar envoltura y confinar completamente el núcleo y a su vez el

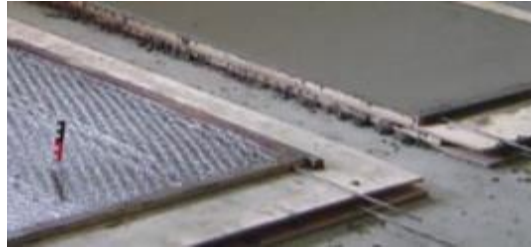
núcleo estabiliza contra el pandeo provocado por la compresión generando una acción compuesta.

Las membranas reforzadas con fibras o mallas es muy importante la interacción con el material aglutinante, que por lo general es mortero; debido a la concentración de deformación y agrietamiento cuando está sometido a cargas sísmicas. En la elaboración de estas se debe considerar el tamaño, la forma y la distribución del agregado.

Dentro de los materiales utilizados como membranas están: la madera, el asbesto cemento, compuestos polímeros reforzado con fibras, el ferrocemento y el hormigón reforzado, entre otros. La madera es utilizada con un núcleo vacío. El asbesto cemento se desarrolló en la década de los 60 como un material revolucionario por su multiuso, económico y fácil mantenimiento pero cuando envejece ocasiona el desprendimiento de macropartículas que son tóxicas para el ser humano.

El material más utilizado para la construcción de membranas es el ferrocemento que a través de estudios experimentales se ha demostrado que es más pesado que el asbesto cemento pero con mayor resistencia y flexibilidad. El ferrocemento es más dúctil y posee mayor capacidad de disipar energía sometido a cargas cíclicas, esto lo hace ideal para una membrana. Las membranas de ferrocemento son construidas de forma individual como se muestra en la figura 3 para estudiar sus propiedades físicas y mecánicas.

Figura 3. **Muro de ferrocemento de pared delgada**



Fuente: BEDOYA-RUIZ, Daniel. *Experiencias sobre residuos agroindustriales en la construcción de vivienda de ferrocemento*. p. 499.

1.2. Cultivo de maíz

El maíz es una planta de la familia de las gramíneas, que se caracteriza por tener la inflorescencia femenina (elote, mazorca y espiga) y masculina (espiguilla) que se encuentra en varios lugares de la planta. La mazorca es parte de la planta en donde se desarrollan los granos, estos producen de 300 a 1 000 granos. Los granos de maíz más producidos en el mundo son de color blanco y amarillo, sin embargo, existen otras variedades de color negro y rojo.

El cultivo de maíz se originó en América Central y México, de donde se difundió en la mayor parte del continente, desde Canadá hasta Argentina. Este cultivo tiene unos 7 000 años de antigüedad evidenciado por el hallazgo de los arqueólogos en el valle de Tehuacán (México). El descubrimiento de América a finales del siglo XV ayudó a que el maíz fuera introducido en Europa por medio de España. El maíz hoy en día se ha difundido a varias zonas del mundo en donde se tienen suelos aptos para actividades agrícolas.

Este cultivo se adapta a una gran cantidad de tipos de suelos y para obtener una buena cosecha de maíz se deben de utilizar buenas técnicas de cultivo y una variedad de semillas adecuadas. Los peores suelos para el cultivo de maíz son: los arcillosos por su excesiva retención de agua y los arenosos por su propensión a secarse. Los suelos recomendables para el cultivo de maíz son los suelos de textura media (franco), fértiles, bien drenados, profundos y con una buena capacidad de retener agua.

El cultivo de maíz requiere temperaturas moderadas, abundante agua y bastante luz solar para obtener altos rendimientos. El maíz requiere temperaturas en el rango de 25 °C y 30 °C, pero este cultivo puede llegar a soportar una temperatura mínima de 8 °C. Este cultivo cuando está expuesto a temperaturas mayores de 30 °C pueden aparecer serios problemas por la mala absorción de nutrientes, minerales y agua.

En Guatemala existen dos épocas de cosecha en las zonas cálidas, que dependen de la cantidad de lluvia en cada región. La primera es la más importante donde la lluvia es más abundante y se tienen más horas de luz en el día, el período para esta cosecha son los meses de abril o mayo y no debe existir ningún retraso en el cultivo, de lo contrario se ve expuesto a enfermedades y plagas. La segunda cosecha se debe de hacer en el período del 15 de agosto al 15 de septiembre, determina por las últimas lluvias del invierno. En el altiplano solo se cuenta con una cosecha, que se realiza entre los meses octubre a diciembre.

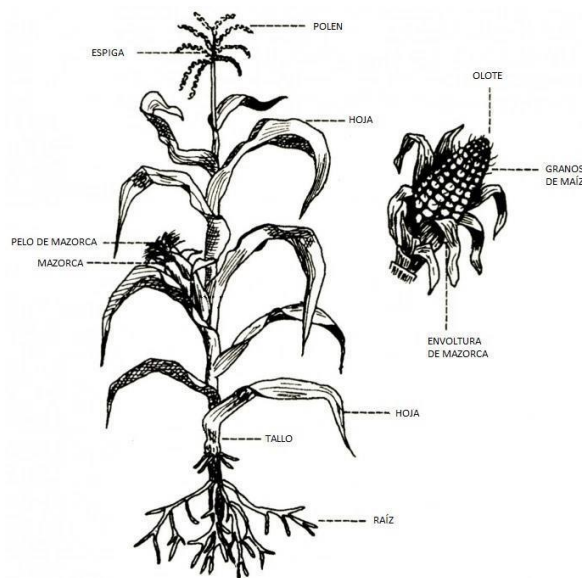
1.2.1. Partes de la planta de maíz

La planta de maíz consta de varias partes, cada una tiene una función que ayudan al crecimiento y a su desarrollo. La obtención del grano de maíz

depende que la planta obtenga todos los nutrientes necesarios a través del suelo. A continuación se describe cada una de las partes de la planta de maíz:

- Tallo: es de una elevada longitud pudiendo llegar a los 4 metros de altura y es muy similar en apariencia a una caña, con una médula esponjosa en la parte del centro.
- Hoja: son de gran tamaño, alargadas y se encuentran abrazadas al tallo, también poseen extremos afilados y cortantes.
- Raíz: es el anclaje perfecto de la planta al suelo, en algunos casos los nudos de la raíces sobresalen del suelo.
- Mazorca: es la parte más importante de la planta porque posee el grano de maíz y está cubierto de varias hojas conocidas como tuza.

Figura 4. Partes de la planta de maíz



Fuente: GONZÁLEZ, Yolotl. *Etnografía del maíz*. <<http://books.openedition.org/cemca/1880>>.

[Consulta: 10 de noviembre de 2014].

1.2.2. Importancia del cultivo de maíz

El maíz en Guatemala, más allá de poseer la mayor superficie sembrada y mayor volumen de producción, es uno de símbolos más valiosos y representativos desde la perspectiva histórica para la población indígena, que ha dejado huella en las costumbres alimentarias de la familia guatemalteca.

El cultivo de maíz para el tema de seguridad alimentaria es un componente estratégico muy importante para la lucha contra el hambre en el país. La desnutrición se concreta en las regiones del norte y suroccidente del país, en donde la población indígena es la más afectada sobre todo la se encuentra en las zonas rurales. El estado de la seguridad alimentaria que está determinada por varias causas, pero entre las principales están: dificultad al acceso de alimentos por insuficiente ingreso monetario familiar, falta de empleo, lagunas de formación y educación, que limitan la posibilidad de obtener un trabajo mejor y aumentar la productividad de las actividades agropecuarias. La seguridad alimentaria está condicionada por la producción interna del maíz, porque proporciona una gran cantidad de energía diaria para la mayor parte de la población guatemalteca.

El maíz para Guatemala no es simplemente un producto agrícola que provee recursos monetarios, sino también de este cultivo se obtienen muchos servicios que otros cultivos no pueden ofrecer, entre los cuales están: seguridad alimentaria, productos para el consumo humano y animal, que son muy demandados por la población, empleo, soporte para otro tipo de cultivo, materiales de empaque (tuza) y construcción (caña).

1.2.3. Producción

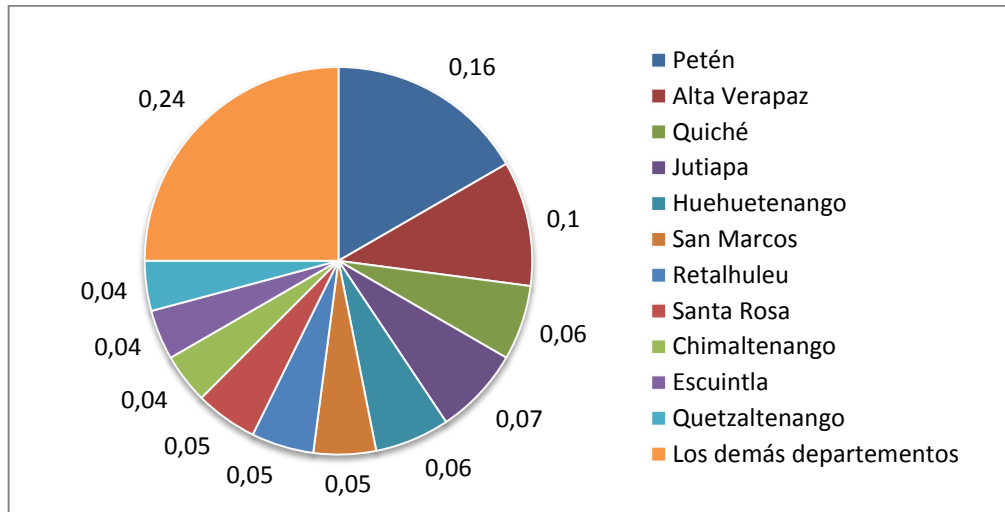
La producción mundial de maíz para el ciclo 2002-2003 obtuvo un volumen de 602 millones de toneladas métricas, producidas en una superficie de 138 millones de hectáreas. Se estima que solo el 11,5 % del total del grano producido es comercializado internacionalmente.

El maíz blanco es producido exclusivamente para el consumo humano y es utilizado en países en vías de desarrollo para el combate contra la desnutrición. El volumen de producción de maíz amarillo en comparación con el grano de maíz blanco ha crecido en los últimos años debido a la utilización de este tipo de maíz para alimentación animal.

En Guatemala la producción de maíz para el año agrícola 2011-2012 se estimó en 36,8 millones de quintales, de los cuales 33,2 millones corresponden a maíz blanco (MAGA, 2012); el maíz se produce en todo el país (ver figura 5). El maíz blanco es utilizado para satisfacer las necesidades internas nacionales y el maíz amarillo para la producción de concentrados para la alimentación de animales.

En Guatemala existen dos grandes productores de maíz: el primero son todos aquellos que se cultivan para el consumo familiar, del cual se producen excedentes que son para la venta, y el segundo son los productores comerciales, cuyos cultivos son exclusivamente para la venta. En estos grupos existen problemas similares: debilidad de la oferta, inestabilidad de suministro y bajos niveles de calidad.

Figura 5. **Distribución de la producción a nivel nacional**



Fuente: LÓPEZ, Mario Roberto; VAN ETTEN, Jacob; ORTEGA, Álvaro; VIVERO, José Luis.
Maíz para Guatemala. 2005. p. 135.

El crecimiento del consumo del maíz proviene por un cambio en los hábitos alimenticios, que se basa en el consumo de carne de ave sobre otro tipo de carnes (res y cerdo), todo esto genera una gran demanda de grano de maíz para la producción de concentrados para la alimentación de la industria avícola.

1.2.4. Residuos de maíz

El grano de maíz representa la mitad del peso de una planta cosechada y la otra mitad corresponde a la caña, hojas, mazorca y otras partes de la planta, al extraer la parte más importante del cultivo, que es el elote (mazorca) se obtienen desechos como las hojas y tallos que para los agricultores no tienen uso alguno, por lo que es considerado basura y posteriormente es quemado.

La producción del cultivo deja grandes cantidades de residuos que son entre 20 y 25 toneladas por hectárea, por lo que en Guatemala existe una gran disponibilidad del residuo dejado después de cada temporada de cosecha.

La proporción de las partes del residuo de maíz depende de varios factores, entre los que podemos mencionar: variedad, nivel de fertilización entre otros. En la tabla I se muestra la proporción de los componentes de una planta de maíz.

Tabla I. **Proporción de los componentes de una planta de maíz**

Estructura de la planta	Porcentaje del peso seco del maíz
Hojas	12,0
Tallos	17,6
Tuza	8,9
TOTAL RESIDUO	38,5
Coronta	11,8
Grano	49,7
TOTAL MAZORCA	61,5

Fuente: MANTEROLA, Héctor; CERDA, Dina; MIRA, Jorge. *Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes*. p. 222.

En muchos países es una práctica común el ensilaje de caña y al adicionar urea y otros minerales se han obtenido buenos resultados incrementando su tenor nitrogenado a 10 %, lo cual mejora la fermentación. Para mejorar la tasa de pasaje y el consumo, es necesario partir la caña en pedazos más pequeños, lo cual también ayuda a disminuir el tiempo en el rumen.

El residuo de maíz es utilizado para la alimentación de muchas especies de animales entre la que se pueden mencionar: bovinos de carnes, vacas lecheras, ovinos y caprinos. Los tallos de caña de maíz debido a su grosor deben de trozarse para evitar el rechazo de algunas especies. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que por ser una planta fibrosa tiene un bajo aporte de proteínas y de energía para los animales.

1.3. Aglomerante natural

Los aglomerantes naturales generalmente provienen de la mezcla de puzolanas naturales y cal que son llamados también cementos cal-puzolana o CCP. Los materiales que componen estos aglomerantes deben poseer propiedades aceptables para la obtención de cementos de buena calidad que puedan ser utilizados en la construcción cumpliendo con los requerimientos de las normas de ensayo con un bajo costo de producción.

1.3.1. Puzolana

Las puzolanas son materiales que poseen altos contenidos de silicio y aluminio, con poca o ninguna propiedad de aglomerante ni de actividad hidráulica, pero que finalmente dividido y en presencia de agua reacciona con el hidróxido de calcio formando compuestos que poseen propiedades aglomerantes e hidráulicas.

Puzolana es el nombre que recibe el material de origen volcánico, este término proviene de la localidad de Pozzuolli, Italia, donde lo romanos encontraron ceniza volcánica que contenían silicio.

Existen muchos sistemas de clasificación para las puzolanas. Estos sistemas pueden ubicarse en dos categorías: sistemas basados en la química y mineralogía del material y sistemas basados en la reactividad y características de comportamiento.

1.3.1.1. Clasificación según su química/mineralogía

En la actualidad el sistema más común de clasificación es el basado en la química/mineralogía y divide las puzolanas en dos clases: naturales y artificiales. Esta clasificación no tiene ningún propósito práctico, ya que cuando se refiere al comportamiento y economía no importa su clasificación.

1.3.1.1.1. Puzolanas naturales

Las puzolanas naturales tienen la capacidad de reaccionar con el hidróxido de calcio, sin requerimiento de un previo tratamiento térmico de activación. Las puzolanas naturales tienen características que las hacen aptas para su uso como adiciones activas en la industria del cemento, entre las cuales están: composicionales (silicoaluminosos), estructurales (estructura imperfecta o amorfa) y texturales (grano fino).

Según Quiñónez entre las puzolanas naturales están las tobas, tierra de Santorin (ceniza volcánica), el *trass* (piroclásto romano de origen volcánico), pumicita riolítica, diatomita, *gaize*, y trípoli (piroclásto francés de sílice amorfo).

La clasificación más simple de puzolanas naturales, las divide en dos categorías:

- Aquellas derivadas de rocas volcánicas, en las cuales el vidrio amorfo es producido por la fusión: incluyen cenizas volcánicas (pumicitas), pómez, piedra pómez, obsidiana, escoria, tobas (puzolanas italianas y *trass* alemán) y andesitas.
- Aquellas derivadas de rocas y tierras opalinas. El opal está formado por la precipitación de sílice en solución de restos de organismos. Esta clase incluye las diatomitas (tierra de diatomeas), sílex (roca silíceo densa), pizarra arcillosa y arcillas que contienen ópalo.

La reactividad de estos materiales depende principalmente de la inestabilidad química de ciertas fases de vidrio volcánico, ópalo, minerales de arcilla, zeolitas y óxidos hidratados de aluminio cuando están presentes.

Las puzolanas volcánicas son las más reactivas y contienen cantidades sustanciales de zeolitas. Las zeolitas son formadas por la acción de agua subterránea sobre el vidrio volcánico. Los factores que influyen en el proceso de zeolitización son: composición química y microscópica del material sedimentario, tamaño de partículas y distribución, pH del ambiente sedimentario, iones en la solución, edad de los depósitos, presión, temperatura y composición de fluidos intersticiales.

1.3.1.1.2. Puzolanas artificiales

Las puzolanas artificiales incluyen materiales como la ceniza volante (*fly ash*), cenizas de altos hornos (*blast furnace slag*), *surkhi* (arcilla cocida en la India), ceniza de cascabillo de arroz (*rice husk ash*), hojas de banano quemado (*burnt banana leaves*), desechos quemados de la caña de azúcar y desechos de bauxita. Otros materiales potenciales, tales como cenizas de bagazos,

suelos lateríticos y suelos tropicales rojos, los cuales requieren calcinación para inducir puzolanidad, podrían también clasificarse como puzolanas artificiales, pero si no se requiere calcinación entonces se clasificarían como puzolanas naturales.

Los desechos de bauxita son una puzolana artificial obtenida de la calcinación de material de desecho de la manufactura de aluminio. Los desechos de bauxita consisten de aproximadamente 50 % de aluminio, 14 % de sílice, 30 % de hierro y si se muele a una fineza aproximada de 5 000 cm²/g, tienen propiedades puzolánicas. Los minerales presentes son metacaolín, hematita, óxido de titanio, óxido de aluminio e hidróxidos.

1.3.1.2. Clasificación según su comportamiento

Según Day y Quiñonez un sistema de clasificación conveniente basado en el comportamiento requiere de una base de datos muy grande. Un examen exhaustivo de 530 muestras de puzolanas naturales americanas fue desarrollado por el *Bureau of Reclamation* de los Estados Unidos en 1969. Exámenes petrográficos y ensayos físicos con métodos de ASTM se realizaron y cada puzolana fue incluida en una clase dependiendo de su respuesta física. El comportamiento está basado en cuatro ensayos: resistencia (actividad puzolánica), trabajabilidad (requerimientos de agua), serviciabilidad (contracción) y durabilidad (ataque raa). En general se pudo determinar que de las 530 puzolanas naturales, 292 fueron eliminadas por la oficina después de un examen petrográfico preliminar. Muy pocas (14) de las puzolanas no requirieron preparación y solamente 18 puzolanas tuvieron una calificación perfecta (clase 1 en cada uno de los requerimientos físicos mostrados).

Este tipo de clasificación parece ser más práctica que las otras. El criterio para cada clase podría variar de país a país, pero los elementos básicos indicados en el sistema (resistencia, trabajabilidad, deformación y durabilidad) son los elementos esenciales de una buena puzolanicidad.

Hammond (citado por Day, 1991) indica una clasificación más simplificada basada en la resistencia (actividad) de morteros curados por 8 días a 50 grados centígrados, esta es la clasificación hindú. Esta clasificación presenta los siguientes límites de resistencia y su interpretación:

- Muy inactiva, si la resistencia es menor de 1,4 MPa
- Inactiva, si la resistencia está entre 1,4 y 2,8 MPa
- Pobremente activa, si la resistencia está entre 2,8 y 4,1 MPa
- Intermedia, si la resistencia está entre 4,2 y 5,5 MPa
- Activa, si la resistencia está entre 5,5 y 6,9
- Muy activa, si la resistencia es mayor de 6,9 MPa

Las normas ASTM poseen una clasificación similar en donde los calificativos se refieren a los materiales puzolánicos evaluados. Es una clasificación más simplificada que se muestra a continuación:

- Pobre o inactiva, si la resistencia es menor de 2,6 MPa
- Intermedia, si la resistencia está entre 2,6 y 5,6 MPa
- Activa, si la resistencia es mayor de 7 MPa

1.3.2. Cal

Es el producto de calcinar la piedra caliza a una temperatura de 900 °C a 1 000 °C. En este proceso se hace reaccionar el calcio y además se hacen

desaparecer las impurezas que contiene la piedra. En realidad el producto obtenido nunca es completamente puro, siempre contendrá pequeñas partículas de carbonato de calcio o magnesio que no reaccionaron con el calor proporcionado.

El uso de la cal en construcción es como un material aglomerante. Se utiliza para alisado de paredes, como mortero para unir mampuestos, como cemento utilizado bajo el agua y otros usos. Sus múltiples usos se debe a sus características, propiedades y su bajo costo respecto al cemento.

1.3.2.1. Clasificación de la cal viva

Según ASTM la composición química de la cal viva deberá llenar los requisitos siguientes:

Tabla II. Clasificación química de la cal viva según ASTM

	Cales de Calcio Ordinaria	Cales de Magnesia o dolomíticas
Óxido de calcio: porcentaje mínimo	75	-
Óxido de magnesio mínimo	-	20
Óxido de calcio y magnesio	95	95
Sílice, alúmina y óxido de hierro máximo porcentaje	5	5
CO ₂ porcentaje máximo	-	-
Muestra de fábrica	3	3
Muestra de depósito	10	10
Residuo por peso no mayor porcentaje	15	15

Fuente: elaboración propia.

1.3.2.2. Hidratación

Es el proceso de agregar una cantidad de agua a los terrones de cal, lo que equivale a transformar el óxido de calcio de la cal viva en hidróxido de calcio. Esta reacción química entre la cal y el agua resulta la generación de una cantidad muy grande de calor. Según el uso que va a recibir la cal depende la forma de apagado de la cal.

- Métodos de apagado de la cal viva
 - Apagado espontáneo

Es un proceso muy lento donde la cal viva expuesta al aire absorbe la humedad del ambiente y tiene el grave inconveniente que al mismo tiempo del apagado, se verifica la recarbonatación por reacción con el anhídrido carbónico del ambiente.

- Apagado por aspersión

Este método es conocido también como el método de hidratación por capas sucesivas. La cal se coloca extendiéndola en capa de poco espesor sobre una superficie lisa y se riega agua por cualquier procedimiento en la forma más uniforme posible para reducir la cal a polvo de cal por sí misma.

- Apagado por inmersión rápida

Para aplicar este método es necesario reducir los trozos a tamaño de 2 a 4 centímetros, para que el núcleo central de algún terrón grande no se apague completamente. Ese método se utiliza cuando existe escasez de agua ya que la

cal se coloca en recipientes apropiados y se hace la inmersión en el agua de un minuto de duración, luego se retira del agua y se acumula en cajones de madera hasta su reducción a polvo.

- Apagado por fusión

Este método es considerado el más apropiado para las cales areas, grasas y medianamente hidráulicas. La cantidad de agua utilizada es de 2 a 3 veces el peso o volumen de cal de modo que la cubra totalmente, por un periodo de 8 horas.

- Causas y efectos de una cal mal hidratada

Las causas y efectos de un mal apagado se pueden dar por medio de tres procesos que son: ahogado, quemado y recarbonatación.

- Ahogado: se da cuando el agua no penetra en el interior de los terrones de cal viva, debido a que el suministro de agua es demasiado rápido. El resultado es la hidratación parcial o incompleta.
- Quemado: una porción de cal viva permanece sin apagarse y esto se da cuando se mezcla con muy poca agua. La presencia de núcleos no hidratados, es perjudicial para morteros porque pueden causar rajaduras en la juntas de morteros y burbujas en los repellos.
- Recarbonatación: la cal viva queda expuesta a la intemperie por periodos largos, se hidratan al absorber la humedad en el aire.

Además del apagado, absorbe el dióxido de carbono libre de la atmósfera. Esto resulta en la disminución de la calidad de la cal.

1.3.3. Cementos cal-puzolana (CCP)

Los cementos cal-puzolana son mezclas de cal con puzolanas naturales en proporciones de peso 4:1. Las características de este tipo de cemento están determinadas por la calidad de ambos componentes que deben ser evaluados por medio de normas para la obtención de aglomerantes naturales de propiedades aceptables.

La reacción más relevante de las puzolanas es entre la sílice reactiva, la cal y agua, de la cual se obtiene el hidrato silicato cálcico. La sílice y aluminio contenidos en la puzolanas poseen un Ph ácido, que al añadir agua se crea una perfecta combinación con la cal. Además las puzolanas están compuestas por una fase vítrea en su mayor parte, que resultan en materiales muy reactivos.

La energía necesaria para fabricar un cemento cal-puzolana es menor que la del cemento Portland. Las puzolanas utilizadas en este tipo de aglomerantes en algunos casos no requieren preparación, lo cual tiende a reducir sustancialmente el costo de la edificación. El costo relacionado a la elaboración del cemento cal-puzolana es debido a los combustibles utilizados en la producción de la cal.

La utilización cal y puzolanas como adiciones minerales en el cemento Portland contribuiría de forma significativa a disminuir el consumo de *clinker*, a la vez a mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Además estas adiciones muestran ventajas relacionadas con una alta durabilidad al ataque de agentes agresivos y la carbonatación.

1.3.3.1. Aplicaciones del CCP

El costo del cemento Portland en muchos países es extremadamente caro, pero la producción de cementos cal-puzolanas presenta una gran economía y esto le ha dado una amplia aplicación en Asia, África, América Central y del Sur y Europa.

En Asia, especialmente en India, la manufactura de ladrillos de arcilla consume una gran cantidad de energía, en cambio con la utilización de arcillas altamente plásticas y puzolanas pueden ahorrar de 25 a 30 % de combustible. Cuando se usan materiales locales se genera un ahorro de costos en la edificación, lo cual según Visresvaraya (1980), se pueden construir casas al alcance de los pobres.

En Guatemala se ha reportado bloques satisfactorios. Estos bloques son curados en invernadero, alcanzando temperaturas del orden de 45 °C por largos periodos. Esta es una manera de curar bloques de forma económica.

Por otra parte, los morteros no es posible curarlos de esta manera, por lo cual sería necesario el uso de pequeñas cantidades de OPC a la mezcla de cal puzolana, para obtener tiempos de fraguado adecuados y el desarrollo de resistencia. En la construcción de los bloques se utilizaron varios morteros los cuales fueron hechos con CCP con cantidades de cal se encontraban entre el 10 y 30 %. La cantidad de cal óptima fue del 20 % considerando el costo y resistencia.

2. MARCO EXPERIMENTAL

2.1. Materias primas

Las materias primas utilizadas para la construcción de los núcleos CeNCa, son materiales que no tienen ningún uso en el caso del residuo de maíz y las puzolanas representan una forma económica de obtener un aglomerante.

2.1.1. Residuo de maíz

El desecho de maíz utilizado fueron cañas y hojas, que proviene de Chirijuyú, Tecpán, Chimaltenango. Las cañas poseen un color amarillo y un largo de 1,5 hasta 2,0 metros de longitud, las características físicas de las cañas dependen del tipo de semilla, suelo y de las condiciones topográficas y climáticas donde fue sembrada la planta de maíz.

La caña de maíz está formada por nudos, lugar donde crecen las hojas y la mazorca. La distancia entre nudos puede variar de 20 hasta 30 centímetros. El diámetro de las cañas fue variable de 2,0 hasta 3,5 centímetros. En la parte superior de la caña se ubica el menor diámetro, aumentando hacia la parte inferior.

La caña de maíz en la parte externa posee una capa dura, que puede variar de 2 a 3 mm de espesor, mientras que en la parte interna está constituida por una médula esponjosa. La médula está formada de fibras de un diámetro menor a 1 mm y su característica más relevante es su baja densidad.

Este residuo se utilizó de tres maneras: en fibra, en cañas en longitudes de 30 hasta 100 centímetros y en tiras despojando las cañas de su parte interna. En la figura 6 se muestra el residuo de maíz.

Figura 6. **Residuo de maíz**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.1.2. Puzolana

El material utilizado es una lapilli de pómez, extraído de un banco identificado en Tecpán, Chimaltenango, poseía un grado de humedad, por lo cual se secó para la utilización como aglomerante, así también, contenía material muy grande que fue desechado por medio del tamizado.

Los ensayos realizados en las muestras del banco de Tecpán, Chimaltenango presentaron un gran grado de reactividad con la cal y en la pérdida por ignición presentaron una porción muy pequeña de impurezas, por lo

cual fue escogida para la fabricación de aglomerante natural para la construcción de los núcleos. En la figura 7 se muestra la extracción del material para ser transportado hacia el área de Ecomateriales.

Figura 7. **Banco de material puzolánico ubicado en Tecpán**



Fuente: km 86 carretera CA-1.

2.2. Preparación de los materiales

Para la construcción de los núcleos se utilizaron dos materiales, el residuo de maíz y el aglomerante natural (mezcla de puzolana y cal) que para ser utilizados deben tener un proceso de limpieza y de picado en el caso del residuo de maíz y de molienda en el aglomerante natural.

2.2.1. Residuo de maíz

El residuo de maíz en los núcleos CeN_{Ca} se utilizará en diferentes formas. Las cañas se utilizarán en dos tipos de núcleos en conjunto con un mortero, mientras que la fibra se trabajará con el aglomerante natural.

2.2.1.1. Cañas

La mayor parte del residuo de maíz disponible eran cañas con una pequeña parte de hojas secas. Para la obtención de cañas se procedió a limpiarlas con un cuchillo como se muestra en la figura 8. Las hojas fueron almacenadas en bolsas, que pueden ser utilizadas en futuras investigaciones.

Figura 8. Limpieza de residuo de maíz



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.2.1.2. Fibra

Para obtener la fibra se procesó todo el residuo a través de picadora mecánica, la cual tiene una boquilla en donde se introduce el material y se obtuvo una fibra con longitudes menores a 3 centímetros. En la figura 9 se muestra la picadora y la fibra obtenida.

Figura 9. **Picado del residuo de maíz**



Fuente: Finca Experimental. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. USAC.

2.2.2. Aglomerante natural

Para obtener el aglomerante natural, la puzolana pasó por tres pasos: tamizado, secado y molienda, los cuales se describen a continuación.

2.2.2.1. Tamizado

El tamizado se realizó para eliminar el material de mayor tamaño que puede afectar en el tiempo de molienda.

Figura 10. **Tamizado de la puzolana**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.2.2.2. Secado

La forma más eficiente y barata para el secado del material es por medio de la energía del sol en época de verano. Esta época se debe aprovechar para el secado para no utilizar hornos donde es necesaria la utilización de energía eléctrica.

El material fue colocado en lienzos de polietileno, de esta manera se pudo recoger el material de forma fácil para no dejarlo por la noche, donde pudiera absorber humedad, ya que tenía que estar expuesto al sol aproximadamente dos días como se muestra en la figura 11. A través de este método se pueden secar grandes cantidades de material.

Figura 11. **Secado de la puzolana**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.2.2.3. Molienda de la puzolana

La molienda de la puzolana se realizó por medio de un equipo que consta del molido de bolas, cernidor, bolas de cerámica y un recipiente. La capacidad del molido es de 50 libras de material.

La molienda de puzolana y la obtención del aglomerante natural se describen a continuación:

- Se introdujeron 75 kg de bolas cerámicas al molino (figura 12a)
- Se pesaron 40 libras de puzolana seca (figura 12b).
- Se introdujo al molino la puzolana (figura 12c).
- Se encendió el molido por dos horas.
- Se pesa 10 libras de cal que equivale al 20 % del aglomerante (figura 12d).

- Luego de las dos horas, se agrega la cal y se encendió el molido por 15 minutos.
- Se vació el molino (figura 12e,f,g).
- Se almacenó el aglomerante en bolsas plásticas. (figura 12h).

Figura 12. **Molienda de puzolana**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.3. Mezclas de aglomerante y agregados naturales

Se realizaron varios tipos de mezclas utilizando materiales como arena pómez, limo y arcilla, dentro de esta gran variedad hubo una mezcla que presentó las propiedades deseadas, tanto en trabajabilidad y consistencia para utilizarlo en los núcleos.

2.4. Método constructivo de los núcleos

Se trabajó en tres tipos de núcleos utilizando estos materiales en diferentes maneras y para obtener los diseños definitivos de cada uno ellos, se elaboraron varias muestras preliminares, que luego fueron ensayados.

Las medidas del núcleo fueron de 0,08 X 0,30 X 1,00 m, estas medidas fueron establecidas de tal manera que posea el peso adecuado para ser transportado por una persona. Se construyeron seis núcleos de cada tipo, donde tres fueron evaluados a compresión y los otros tres a flexión, para cada tipo de núcleo.

2.4.1. Núcleo CeNCa tipo “F”

Los componentes principales de este tipo de núcleos son la fibra de caña y el aglomerante natural. A continuación se describe el proceso de elaboración del núcleo:

- Se saturó con agua la fibra de caña de maíz.
- Se agregó el aglomerante natural (figura 13a).
- Se revolvieron los dos materiales (figura 13b).
- Se agregó el agua y se revolvió otra vez toda mezcla hasta tener un material homogéneo (figura 13c).
- Todo el material se dividió en dos partes, la primera parte se colocó en la formaleta (figura 13d,e).
- Se compactó por medio de un apisonador hasta tener una capa plana (figura 13f).
- Se colocó el material sobrante y se volvió a compactar (figura 13g).

- Se rasó hasta tener una superficie plana y luego por encima del núcleo se agregó aglomerante natural y por último se alisó para obtener un buen acabado (figura 13h).

Figura 13. **Construcción del núcleo CeNCa tipo “F”**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.4.2. Núcleo CeNCa tipo “P”

Este núcleo tiene dos componentes principales el paquete de cañas y el mortero. A continuación se describe el procedimiento para la construcción del paquete de cañas de maíz y luego el núcleo:

- Construcción de paquete de caña de maíz
 - Se cortaron las cañas de maíz de 95,0 centímetros y 25,0 centímetros (figura 14 a,b).
 - Se colocaron 9 cañas de 95,0 centímetros sobre una superficie plana (figura 14c).
 - Se amarraron las 9 cañas entrelazadas por medio de una pita plástica en los dos extremos (figura 14d,e).
 - Se colocó una caña de 95,0 centímetros y luego se colocaron cañas de 25,0 centímetros de forma perpendicular hasta cubrir toda la caña (figura 14f,g,h).
 - Se colocaron todas las cañas transversales encima de las cañas longitudinales (figura 14i).
 - Luego se colocaron las cañas longitudinales y amarraron una por una hasta completar el paquete (figura 14j,k,l).
 - Se repite el paso anterior con el otro extremo del paquete (Figura 14m).
 - En la parte central se amarró el paquete con pita plástica con la ayuda de una aguja para facilitar el proceso y confinar el paquete.
 - Se obtuvo el paquete terminado (figura 14o).

Figura 14. Construcción de paquete de caña de maíz

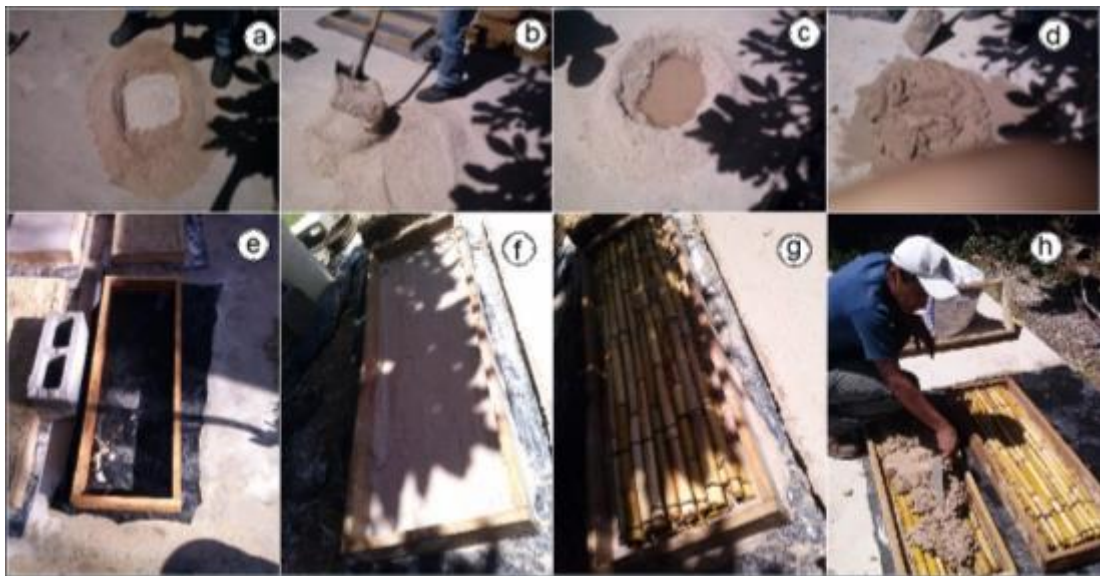


Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

- Aplicación del recubrimiento para el núcleo CeNCa tipo “P”
 - Se midieron los materiales en proporción 1:2 usando como agregado la puzolana (figura 15a).
 - Se revolvieron los materiales (figura 15b).
 - Se agregó el agua (figura 15c).

- Se revolvieron todos los materiales hasta obtener una mezcla homogénea (figura 15d).
- Se preparó la formaleta y se colocó sobre un lienzo de polietileno para que el núcleo no se adhiriera al piso (figura 15e).
- Se colocó aproximadamente un centímetro de mortero en la formaleta (figura 15f).
- Se saturó el paquete de cañas y se colocó dentro de la formaleta (figura 15g).
- Luego se llenó la formaleta de mortero (figura 15h).
- Se rasó y alisó la superficie del núcleo.

Figura 15. **Construcción de núcleo CeNCa tipo “P”**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.4.3. Núcleo CeNCa tipo T

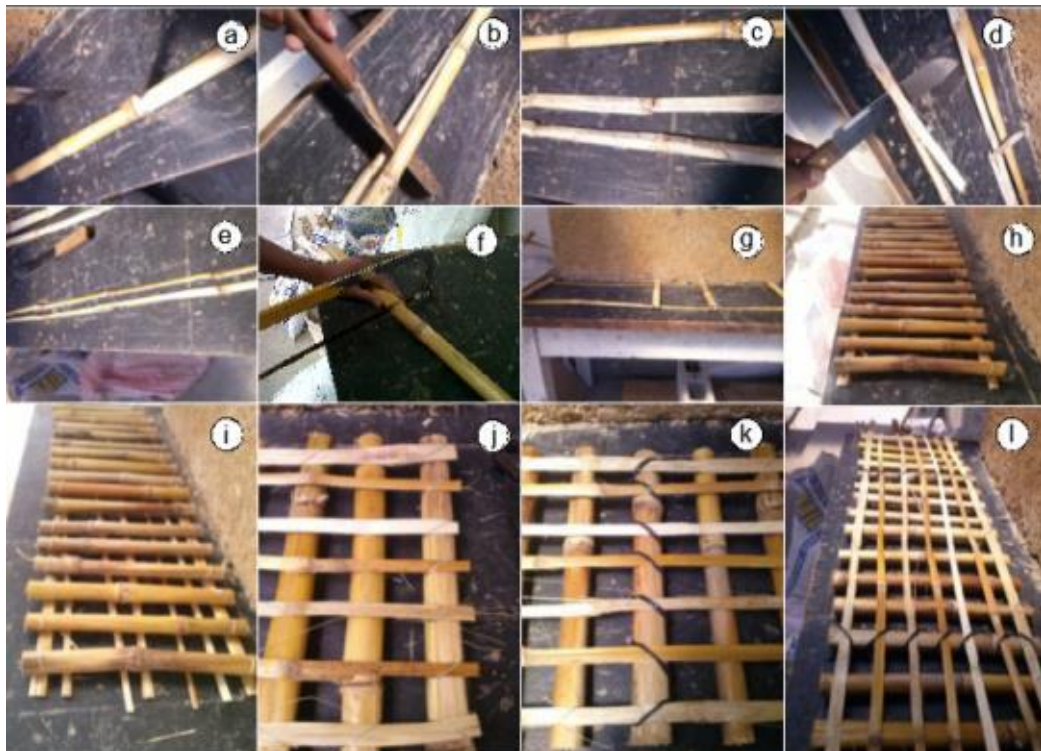
Este núcleo consta de dos partes fundamentales: el refuerzo de tiras de caña de maíz en forma de malla y cañas y su recubrimiento con mortero. A continuación se describe el procedimiento para construir el núcleo:

- Construcción refuerzo
 - Se cortaron cañas de 98 centímetros, luego con la ayuda de un cuchillo se cortó en cuatro partes longitudinales (figura 16a,b,c).
 - Se retiró la médula esponjosa de la caña con la ayuda del cuchillo hasta obtener solo tiras de caña (figura 16d,e).
 - Se cortaron varias cañas de 28 centímetros (figura 16f).
 - Se colocaron dos tiras de caña y con la ayuda de alambre galvanizado y una tenaza se amarraron tres cañas de 28 centímetros, dos en los extremos y una en el centro (figura 16g).
 - Se amarraron las demás cañas teniendo una separación de 3 centímetros entre cada una (figura 16h).
 - Se colocaron otras cinco tiras de cañas y amarraron en los extremos y en la parte central con alambre (figura 16i,j).
 - Se amarró con pita plástica las tiras de caña de tal manera que la malla tenga mayor confinamiento (figura 16k,l).

- Aplicación del recubrimiento para el núcleo CeNCa tipo “T”
 - Se mezcló el aglomerante natural y el agregado en proporción 1:2, se agregó agua hasta obtener la mezcla homogénea (figura 17a).
 - Se colocó mortero en la formaleta tratando de obtener una capa de 1 centímetro de espesor (figura 17b,c).

- Se colocó una malla de tiras y cañas, a esta malla se le amarraron pitas plásticas para asegurar la segunda malla (figura 17d).
- Luego se colocó más mortero dejando 1 centímetro para llenar luego la formaleta (figura 17e).
- Se colocó el segundo refuerzo (figura 17f).
- Se amarró con las pitas plásticas que se dejaron en la primera malla, esto es para darle estabilidad a esta segunda malla (figura 17g,h).
- Se colocó mortero hasta llenar la formaleta (figura 17i).
- Se quitó el exceso con la ayuda de una cuchara (figura 17j).
- Se rasó y se obtuvo un núcleo con un acabado liso (figura 17k,l).

Figura 16. **Construcción de refuerzo para núcleo CeNCa tipo “T”**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

Figura 17. **Construcción de núcleo CeNCa tipo “T”**



Fuente: Sección Ecomateriales. CII. USAC.

2.5. **Elaboración de los núcleos**

En los tres tipos de núcleos CeNCa se aplicaron conceptos de ingeniería y consideraciones de peso para su elaboración. La ubicación de los materiales en cada núcleo es fundamental para su desempeño en condiciones de trabajo.

2.5.1. **Núcleo CeNCa tipo “F”**

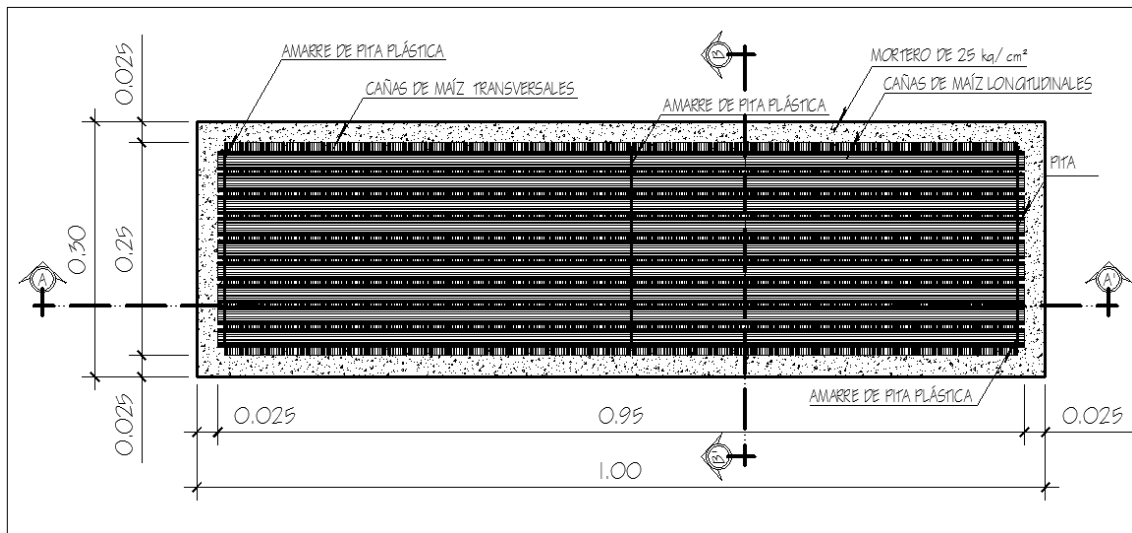
Este tipo de núcleos solo cuenta con la utilización de caña picada sin ningún tipo de refuerzo. En los dos ensayos realizados, cada uno tiene un

aspecto importante que se debe de mencionar para este núcleo. El ensayo a flexión es el más crítico, ya que la interacción de las fibras de caña y el aglomerante natural debe ser muy fuerte para que no falle y en el de compresión por ensayos preliminares, la parte crítica del núcleo es la unión de las dos capas cuando se construye.

2.5.2. Núcleo CeNca tipo “P”

El núcleo CeNca tipo “P” consta de dos materiales fundamentales que son el paquete de cañas y el mortero de aproximadamente 25 kg/cm^2 . El paquete de cañas de maíz posee tres capas donde dos son longitudinales de cañas de 95 cm y una intermedia de 25 cm de longitud que son llamadas transversales. En la figura 18 se observan los tres amarres que lleva el paquete con pita plástica y su recubrimiento de mortero de aproximadamente de 2,5 cm.

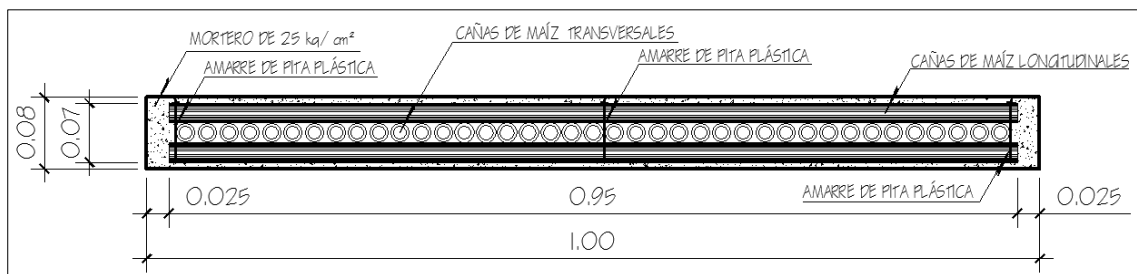
Figura 18. Detalle planta núcleo CeNca tipo “P”



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

En la figura 19 se observan las tres camas donde las cañas transversales trabajarán cuando el núcleo sea solicitado a carga de compresión. El trabajo de estas cañas va a depender del mortero, ya que este va a transmitir los esfuerzos a las cañas transversales. Las cañas longitudinales a flexión, le dan al núcleo una gran capacidad para deformarse, solo teniendo en cuenta el desprendimiento del recubrimiento de 5 mm que va a ser inevitable.

Figura 19. **Detalle corte A-A' núcleo CeNCa tipo "P"**

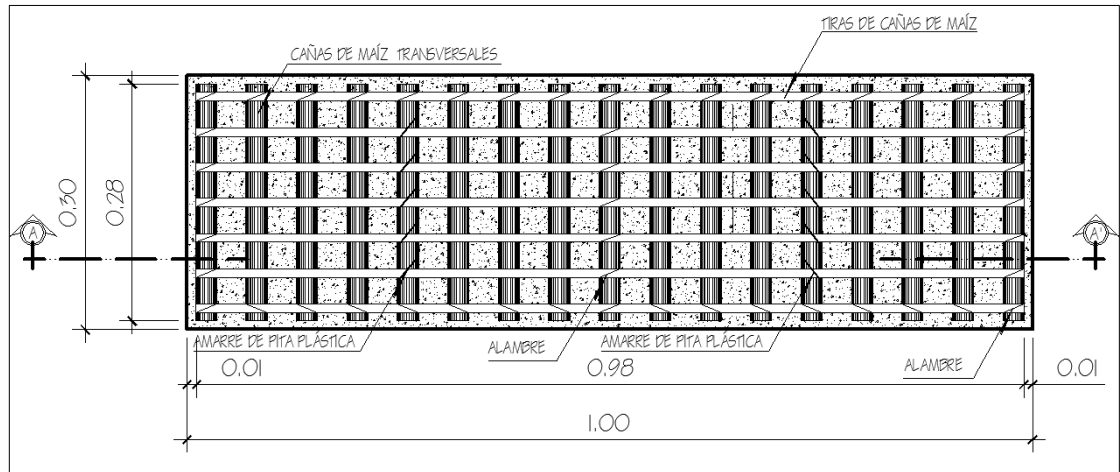


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.5.3. Núcleo CeNCa tipo "T"

Este tipo de núcleo consta de dos refuerzos tipo malla y un mortero de 25 kg/cm². El refuerzo está constituido por 17 cañas de 28 cm y 7 tiras de cañas de 98 cm, se utilizó alambre galvanizado para amarrar las tiras a las cañas y para un mayor confinamiento, se utilizó pita plástica a 25 cm de cada extremo sobre una caña como se muestra en la figura 20. El mortero crea un recubrimiento de 1 cm en todo el núcleo.

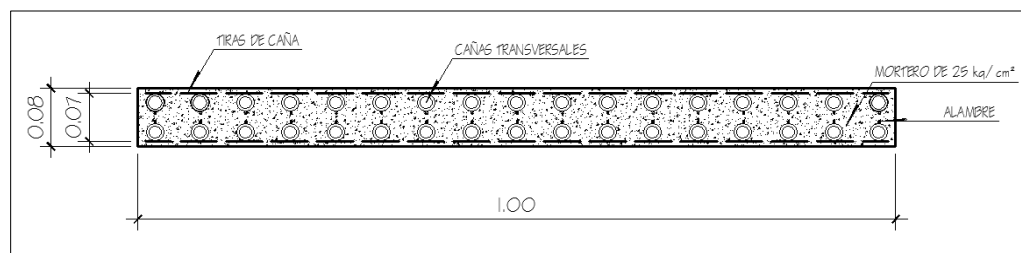
Figura 20. **Detalle planta núcleo CeNCa tipo “T”**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

En la figura 21 se observa que el mortero está alrededor y en la parte central del núcleo confinando el refuerzo, esto ayuda a que los dos materiales trabajen en conjunto y soporte más carga a compresión. En el ensayo a flexión la mayor parte de trabajo lo harán las tiras de caña y al igual que el núcleo anterior las cañas transversales van a trabajar cuando el núcleo sea solicitado a fuerzas de compresión.

Figura 21. **Detalle corte A-A' núcleo CeNCa tipo “P”**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa de AutoCAD.

2.6. Ensayo a compresión de los núcleos

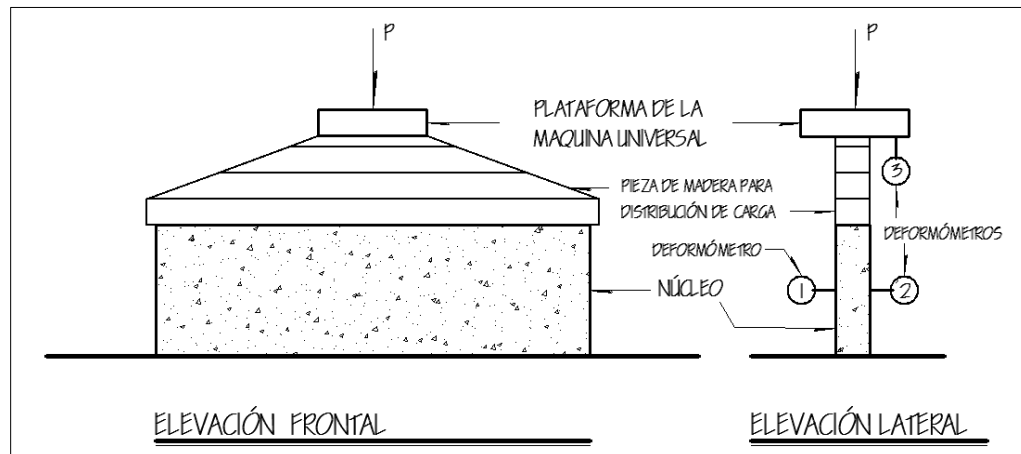
Este ensayo se realizó con núcleos a escala natural, utilizando una pieza de madera para distribuir la carga en el núcleo, ya que la plataforma de la máquina universal solo tiene 25 centímetros de diámetro.

Las mediciones que se realizaron fueron hinchamiento lateral y la deformación por la carga axial. La aplicación de carga se llevó en rangos predeterminados, primero llegando hasta la carga de diseño, luego descargando y por último hasta la falla de núcleo. En algunos casos se aplicó hasta una tercera carga porque en la segunda carga, se tomaron rangos de carga muy pequeños obteniendo datos innecesarios, se descargó y se aplicó carga en rangos mayores hasta que el núcleo fallara.

En la figura 22 se muestra cómo fueron colocados los deformómetros mecánicos. En algunos casos solo fueron colocados dos deformómetros en donde el No. 1 fue para tomar la medida del hinchamiento lateral y el No. 2 la deformación por la carga axial.

Para todos los núcleos se tiene una carga de diseño de 12 veces el peso del núcleo, ya que son necesarios 8 núcleos para alcanzar una altura de un muro de 2,40 m y utilizando un factor de seguridad de 1,5. Así también, se tienen carga máximas y mínimas que deben soportar que se calcularán posteriormente en cada tipo de núcleo.

Figura 22. Esquema del ensayo a compresión de los núcleos



Fuente: elaboración propia, con base en el programa de AutoCAD.

2.6.1. Núcleo CeNCa tipo “F”

La muestra 4, fue la primera en ensayar, se aplicó carga hasta la carga de diseño de 250 kg en rango de 25 kg, luego se descargó hasta llegar a 20 kg se sostuvo la carga para volver a cargar en un rango de 50 kg hasta la falla de núcleo, y de igual manera se ensayó la muestra 5.

La muestra 6 es una parte representativa de un núcleo que tiene una carga de diseño de 103 kg, esta muestra se cargó en un rango de 25 kg hasta llegar a la falla.

2.6.2. Núcleo CeNCa tipo “P”

Como se mencionó anteriormente, está formado por un mortero del cual se elaboraron cubos de 5*5*5 cm para ensayarlos a compresión, encontrar su esfuerzo y realizar esquemas de fallas que se podrían dar en el núcleo.

La carga mínima esperada que deben soportar los núcleos en función del supuesto comportamiento de los materiales constituyentes está dada por el área efectiva de mortero que existe por encima de las cañas de maíz y luego aplicar una reducción del 50 % de carga por condiciones de curado en el núcleo.

La carga máxima esperada, en función del supuesto comportamiento de los materiales constituyentes está dada por el trabajo de las cañas de maíz a compresión. En el trabajo de graduación titulado *Diseño, construcción y evaluación de un elemento constructivo para una vivienda utilizando cañas de maíz* de Werner Josué Chic, se realizaron ensayos a compresión en cañas de maíz individualmente, de los cuales obtuvieron una ecuación de carga, que está en función de la longitud. Esta ecuación fue utilizada para encontrar la carga experimental que debe soportar cada caña de maíz en este trabajo. En la tabla III se muestran las cargas para el ensayo a compresión para el núcleo CeNca tipo “P”.

Tabla III. **Cargas de compresión para núcleo CeNca tipo “P”**

Muestra	Cargas de Compresión		
	Diseño kg	Mínima esperada kg	Máxima esperada kg
4	214	1 797	5 114
5	209	1 841	5 114
6	237	1 930	5 114

Fuente: elaboración propia con el programa de Excel.

2.6.3. Núcleo CeNca tipo “T”

Para la evaluación de la carga mínima y máxima esperada que debe de soportar este tipo de núcleo se realizó el mismo procedimiento que para el núcleo tipo “P”. En la tabla IV se muestra las cargas para el ensayo a compresión para el núcleo CeNca tipo “T”.

Tabla IV. Carga de compresión para núcleo CeNca tipo “T”

Muestra	Cargas de Compresión		
	Diseño kg	Mínima esperada kg	Máxima esperada kg
4	362	2 120	4 773
5	362	1 870	4 773
6	362	2 170	4 773

Fuente: elaboración propia con el programa Excel.

2.7. Ensayo a flexión de los núcleos

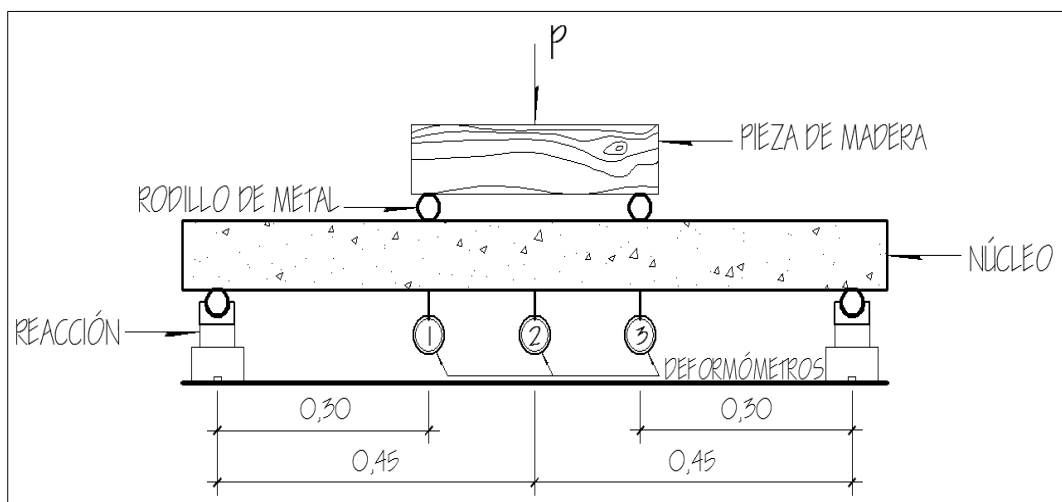
El ensayo de flexión se llevó a cabo con una viga simplemente apoyada en los extremos con una luz de 90 centímetros, aplicando la carga en los tercios del núcleo por medio de dos rodillos. En la figura 23 se muestra el esquema del ensayo a flexión.

Este ensayo se llevó a cabo con el propósito de recrear la forma más crítica de transportar los núcleos, que es por medio de dos personas llevado en sus extremos.

Las mediciones fueron realizadas por medio de tres deformómetros que fueron colocados debajo del núcleo, las cuales fueron utilizadas para obtener la

evolución de elástica a través de la aplicación de carga en el núcleo. Las mediciones fueron tomadas hasta la carga de diseño que es 1,5 del peso de núcleo y una deflexión máxima de 4,5 mm. La deflexión de diseño se obtuvo por medio de la relación de $L/200$.

Figura 23. **Esquema del ensayo a flexión de los núcleos**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.7.1. Núcleo CeNCa tipo "F"

Por los materiales utilizados en este núcleo, la carga esperada no era mayor a 15 kg, por lo cual se utilizaron baldosas de 0,8 kg a 1,0 kg para aplicar carga. Las baldosas se colocaron tomando las mediciones de deflexión en cada una, hasta la falla del núcleo.

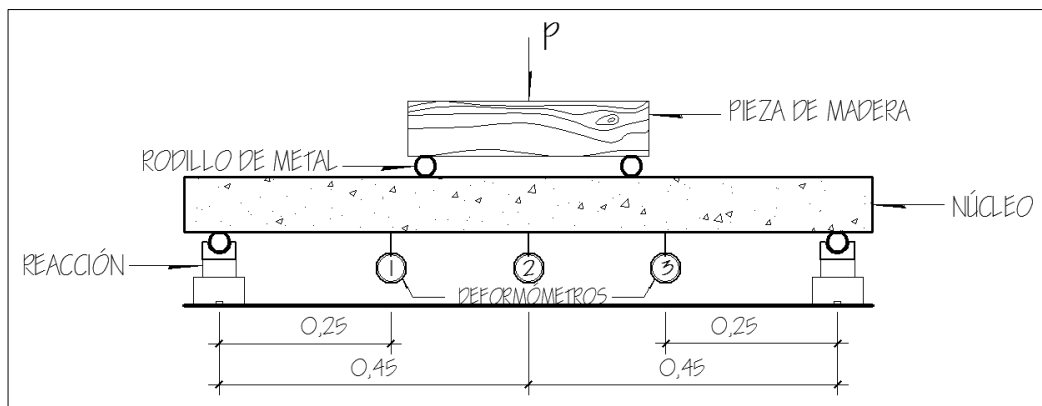
2.7.2. Núcleo CeNCa tipo “P”

El ensayo para este tipo se llevó a cabo en la máquina universal. En la muestra 1 se aplicaron tres ciclos, el primer ciclo fue hasta la carga de diseño, se descargó, luego hasta la deflexión de diseño, se descargó y por último se aplicó carga hasta la falla. En las muestras 2 y 3 el ensayo se realizó hasta la carga máxima del núcleo.

2.7.3. Núcleo CeNCa tipo “T”

El ensayo se realizó en la máquina universal, ya que la capacidad en flexión prevista fue grande. En este núcleo se cambió la posición de los deformómetros como se muestra en la figura 24, para obtener deflexiones en puntos que describan mejor la elástica del núcleo. En todas muestras se aplicó carga hasta falla.

Figura 24. Esquema del ensayo a flexión de los núcleos



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.8. Resultados

En los tres tipos de núcleos fueron ensayados tres muestras a flexión y tres a compresión. El ensayo a flexión se llevó a cabo para evaluar el traslado de los núcleos y a compresión para observar las deformaciones axiales en cargas establecidas.

2.8.1. Núcleo CeNca Tipo “F”

En los ensayos realizados se obtuvieron los datos de deformación en cada carga aplicada. Estos datos se muestran en tablas donde se identifica cada punto de estudio y para interpretar los resultados se realizaron gráficas de carga *versus* deflexión en el caso del ensayo a flexión y carga *versus* deformación para el ensayo a compresión.

2.8.1.1. Ensayo a flexión

En la tabla V se presenta las cargas y sus respectivas deflexiones en cada uno de los puntos de estudio para las tres muestras.

Tabla V. Resultados ensayo a flexión núcleos CeNca tipo “F”

No.	Muestra 1				Muestra 2				Muestra 3			
	P	δ	δ	δ	P	δ	δ	δ	P	δ	δ	δ
	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,90	0,05	0,07	0,08	0,92	0,05	0,03	0,05	0,85	0,03	0,01	0,03
3	1,81	0,13	0,14	0,15	1,80	0,10	0,07	0,13	1,73	0,08	0,07	0,10
4	2,72	0,19	0,23	0,23	2,67	0,18	0,08	0,18	2,55	0,10	0,13	0,15
5	3,59	0,28	0,34	0,30	3,52	0,23	0,13	0,23	3,53	0,18	0,20	0,20
6	4,47	0,38	0,49	0,43	4,40	0,33	0,22	0,25	4,48	0,20	0,25	0,25
7	5,32	0,51	0,64	0,58	5,27	0,38	0,29	0,33	5,31	0,25	0,31	0,30
8	6,19	0,66	0,81	0,74	6,18	0,46	0,38	0,41	6,20	0,30	0,37	0,36

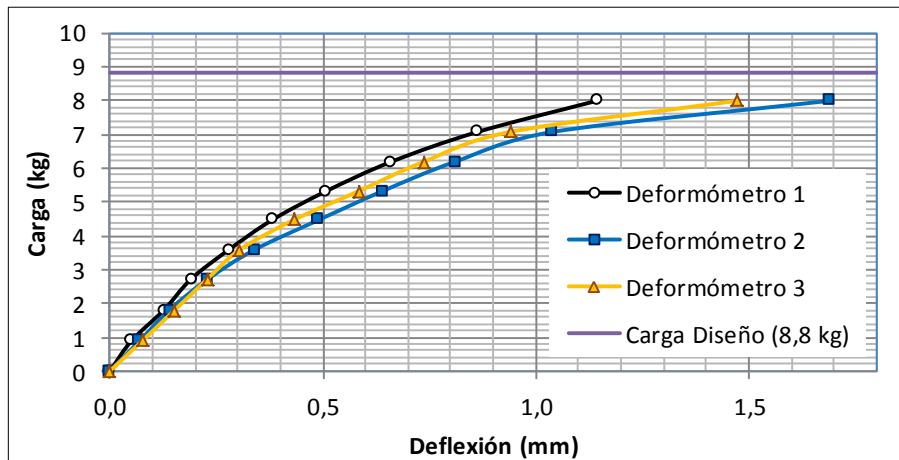
Continuación de la tabla V

9	7,07	0,86	1,04	0,94	7,09	0,53	0,48	0,48	7,11	0,36	0,45	0,43
10	7,99	1,14	1,69	1,47	7,99	0,64	0,66	0,58	8,02	0,43	0,52	0,51
11	8,82	-	-	-	8,88	0,79	0,78	0,74	8,89	0,51	0,61	0,58
12	-	-	-	-	9,83	0,97	1,01	0,86	9,77	0,56	0,69	0,66
13	-	-	-	-	10,82	1,14	1,28	1,09	10,62	0,64	0,78	0,74
14	-	-	-	-	11,63	1,37	1,53	1,27	11,49	0,74	0,91	0,84
15	-	-	-	-	12,49	-	-	-	12,38	0,81	1,01	0,94
16	-	-	-	-	-	-	-	-	13,30	0,94	1,16	1,07
17	-	-	-	-	-	-	-	-	14,94	1,14	1,51	1,37

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 25 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de la muestra 1 para los tres deformómetros indicados.

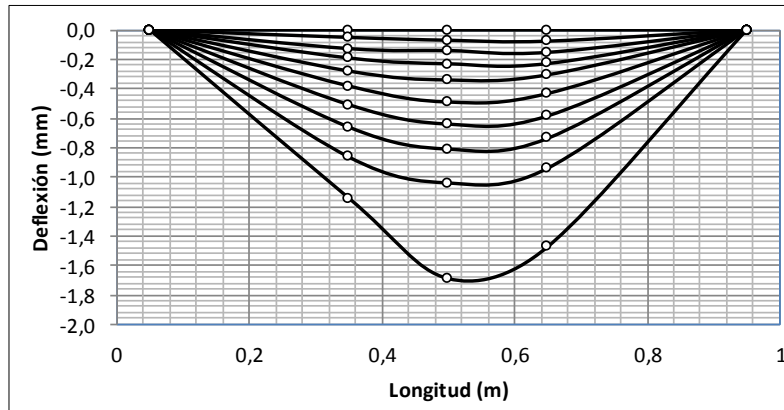
Figura 25. **Gráfica carga *versus* deflexión núcleo CeNCa “F”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 26 se presenta la evolución de la elástica de la muestra 1 para cada lectura de carga.

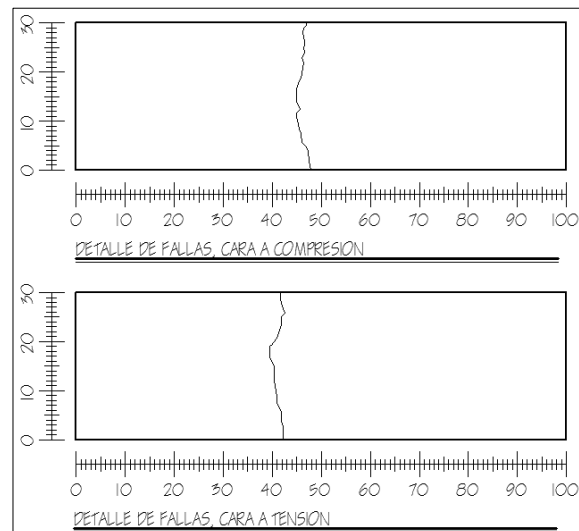
Figura 26. **Gráfica evolución de la elástica núcleo CeNCa "F", muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 27 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 1 para su carga última.

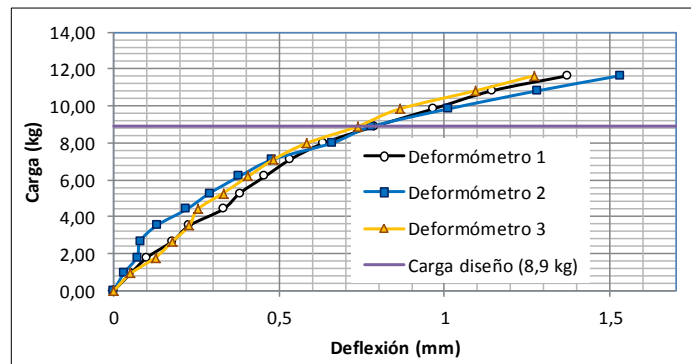
Figura 27. **Detalle de fallas núcleo CeNCa "F", muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 28 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de la muestra 2 para los tres deformómetros indicados.

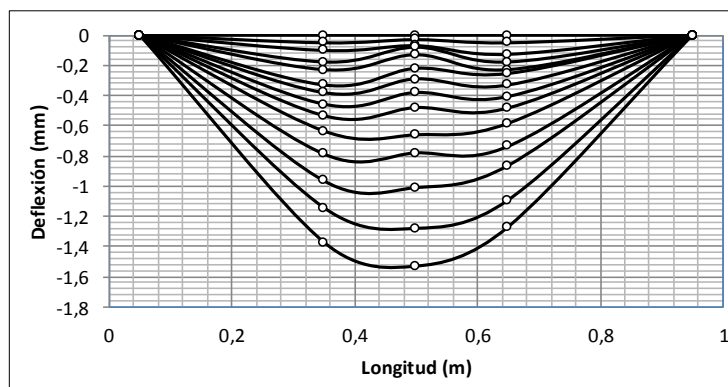
Figura 28. **Gráfica carga *versus* deflexión núcleo CeNCa “F”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 29 se presenta la evolución de la elástica de la muestra 2 para cada lectura de carga.

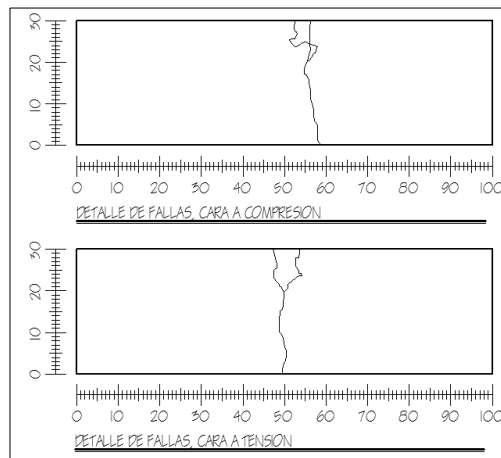
Figura 29. **Gráfica evolución de la elástica núcleo CeNCa “F”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 30 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 2 para su carga última.

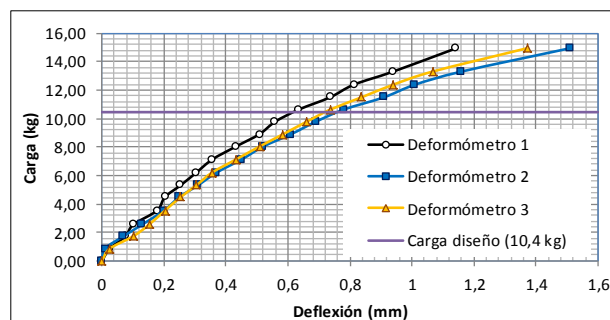
Figura 30. **Detalle de fallas núcleo CeNCa "F", muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 31 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de la muestra 3 para los tres deformómetros indicados.

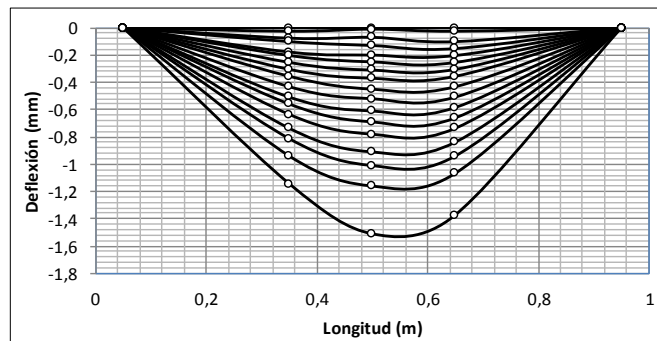
Figura 31. **Gráfica carga *versus* deflexión núcleo CeNCa "F", muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 32 se presenta la evolución de la elástica de la muestra 3 para cada lectura de carga.

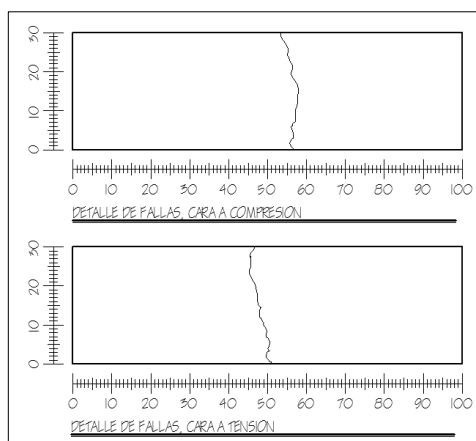
Figura 32. **Gráfica evolución de la elástica núcleo CeNCa “F”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 33 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 3 para su carga última.

Figura 33. **Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.8.1.2. Ensayo a compresión

El ensayo a compresión para la muestra 4 y 5 se realizó en dos ciclos, el primer ciclo se llegó a la carga de diseño del núcleo y el segundo ciclo hasta la ruptura y en la muestra 6 se aplicó carga hasta la ruptura y se obtuvieron las deformaciones mostradas en la tabla VI.

Tabla VI. Resultados ensayo a compresión núcleo CeNca “F”

No.	Muestra 4				Muestra 5				Muestra 6			
	P	Δ	Δ	Δ	P	Δ	Δ	Δ	P	Δ	Δ	Δ
	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm
1	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
2	25	0,28	0,30	0,43	25	0,18	2,31	0,45	50	0,10	0,20	0,80
3	50	0,61	0,51	0,68	50	0,30	2,16	0,80	75	0,10	0,28	1,20
4	75	0,79	0,69	0,95	75	0,41	2,03	1,18	100	0,10	0,33	1,77
5	100	0,94	0,81	1,23	100	0,51	1,96	1,58	125	0,10	0,46	2,26
6	125	1,04	0,89	1,60	125	0,58	1,88	1,81	150	0,10	0,53	2,78
7	150	1,07	0,91	1,96	150	0,61	1,88	2,21	175	0,10	0,64	3,30
8	175	1,07	0,89	2,25	175	0,61	1,88	2,49	200	0,10	0,84	3,92
9	200	1,07	0,89	3,05	200	0,61	1,88	2,73	225	0,10	1,09	4,78
10	225	1,04	0,86	3,80	225	0,56	1,88	3,01	250	0,25	1,47	5,50
11	250	1,04	0,86	4,09	250	0,53	1,88	3,26	275	0,46	2,11	6,78
12	200	1,07	0,89	4,08	200	0,53	1,91	3,26	285	3,48	2,57	8,44
13	150	1,07	0,91	3,92	150	0,53	1,91	3,10	250	4,85	3,38	13,55
14	100	1,07	0,91	2,70	100	0,58	1,91	2,88	-	-	-	-
15	50	1,07	0,94	2,32	50	0,61	1,88	2,56	-	-	-	-
16	20	1,09	0,79	2,64	20	0,51	1,98	1,76	-	-	-	-
17	20	1,09	0,79	2,64	20	0,51	1,98	1,76	-	-	-	-
18	50	1,14	0,84	2,78	50	0,59	4,47	2,01	-	-	-	-
19	100	1,19	0,92	2,99	100	0,66	4,39	2,50	-	-	-	-
20	150	1,19	0,92	3,37	150	0,69	4,34	2,82	-	-	-	-
21	200	1,19	0,92	3,69	200	0,69	4,32	3,18	-	-	-	-
22	250	1,19	0,84	3,99	250	0,69	4,34	3,51	-	-	-	-
23	300	1,19	0,76	4,44	300	0,69	4,34	3,87	-	-	-	-
24	350	1,19	0,64	4,79	350	0,66	4,37	4,28	-	-	-	-
25	400	1,19	0,54	5,69	400	0,56	4,47	4,61	-	-	-	-
26	450	1,19	0,51	6,58	450	0,59	4,44	5,11	-	-	-	-
27	500	1,19	0,46	7,08	500	0,59	4,44	5,52	-	-	-	-
28	550	1,19	0,43	7,69	550	0,59	4,44	6,04	-	-	-	-

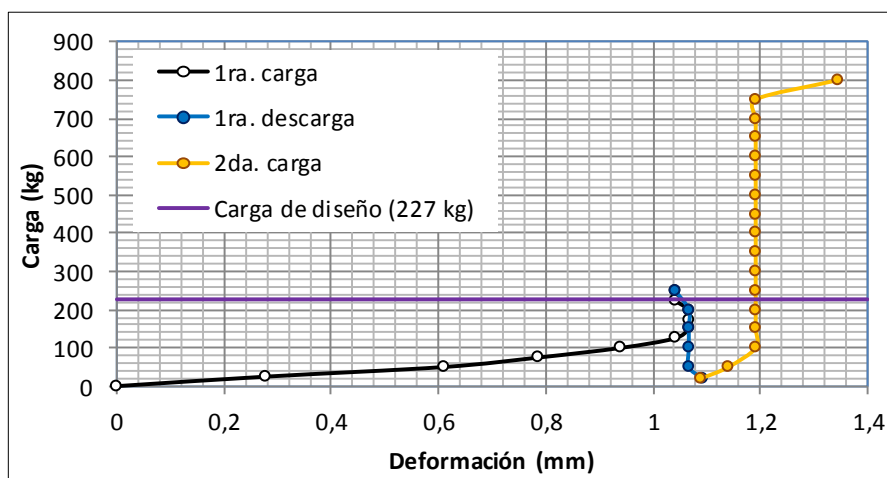
Continuación de la tabla VI

29	600	1,19	0,43	8,09	600	0,59	4,44	6,42	-	-	-	-	-
30	650	1,19	0,41	9,50	650	0,61	4,44	6,79	-	-	-	-	-
31	700	1,19	0,33	10,08	700	0,64	4,47	7,13	-	-	-	-	-
32	750	1,19	0,18	10,87	750	0,66	4,47	7,54	-	-	-	-	-
33	800	1,34	-0,35	12,09	800	0,74	4,47	8,02	-	-	-	-	-
34	810	-	-	14,78	850	0,84	4,47	8,60	-	-	-	-	-
35	700	-	-	17,29	900	1,09	4,47	9,26	-	-	-	-	-
36	600	-	-	21,59	950	1,86	4,34	9,81	-	-	-	-	-
37	-	-	-	-	900	-	-	10,81	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	800	-	-	13,16	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	700	-	-	14,33	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	600	-	-	18,46	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

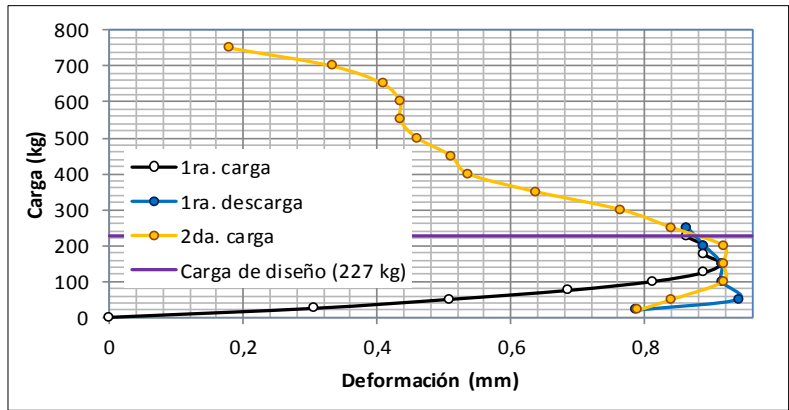
En la figura 34 y 35 se presentan las deformaciones en las caras laterales de la muestra 4 para los dos ciclos de carga.

Figura 34. **Gráfica carga versus deformación 1 núcleo CeNca tipo "F", muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

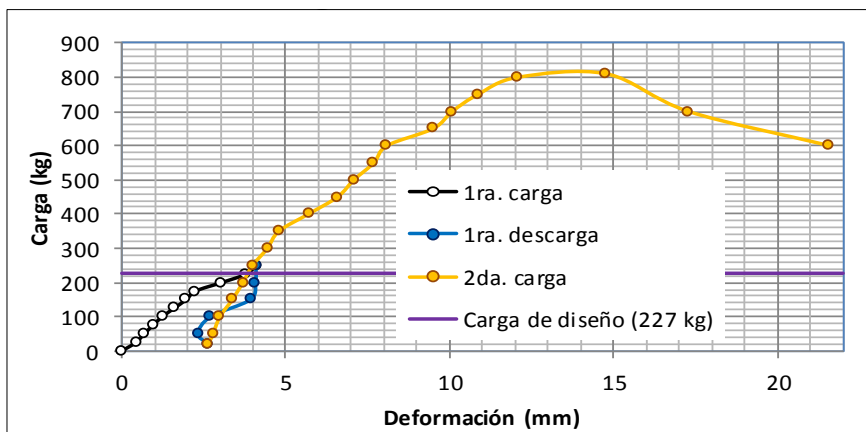
Figura 35. **Gráfica carga versus deformación 2 núcleo CeNca tipo “F”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 36 se presenta gráfica de carga versus deformación del deformómetro en la posición 3 de la muestra 4 para los dos ciclos de carga.

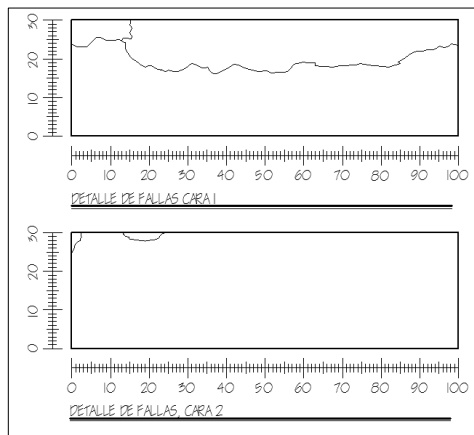
Figura 36. **Gráfica carga versus deformación 3 núcleo CeNca tipo “F”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 37 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 4 para su carga última.

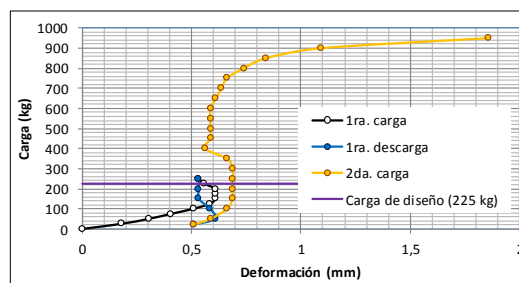
Figura 37. **Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “F”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

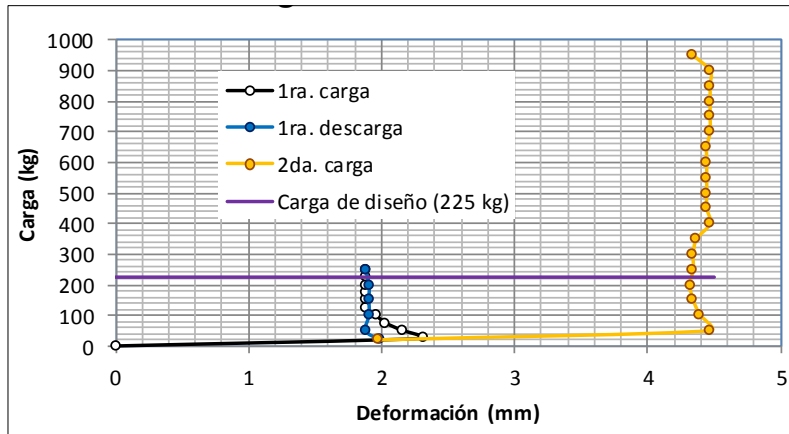
En las Figuras 38 y 39 se presentan las deformaciones en las caras laterales de la muestra 5 para los dos ciclos de carga.

Figura 38. **Gráfica carga versus deformación 1 núcleo CeNca tipo “F”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

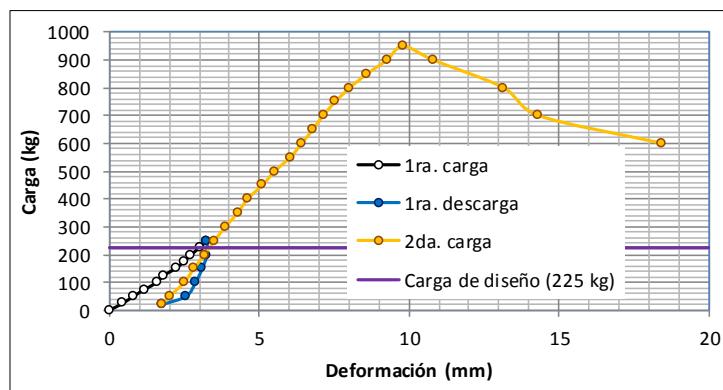
Figura 39. **Gráfica carga versus deformación 2 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 40 se presenta la gráfica de carga versus deformación del deformómetro en la posición 3 de la muestra 5 para los dos ciclos de carga.

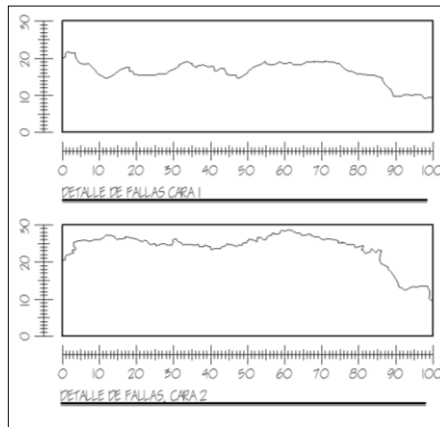
Figura 40. **Gráfica carga versus deformación 3 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 41 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 5 para su carga última.

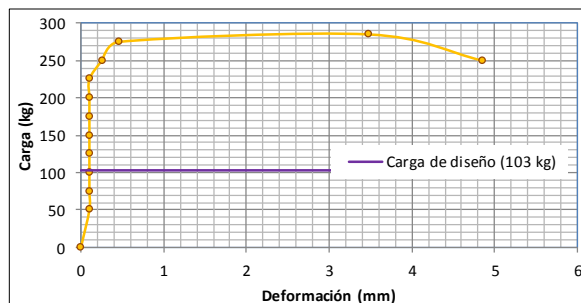
Figura 41. **Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

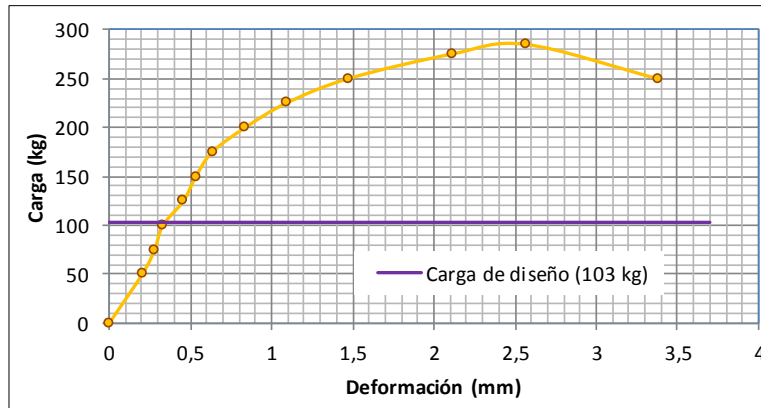
En las figuras 42 y 43 se presentan las deformaciones en las caras laterales de la muestra 6.

Figura 42. **Gráfica carga *versus* deformación 1 núcleo CeNCa tipo “F”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

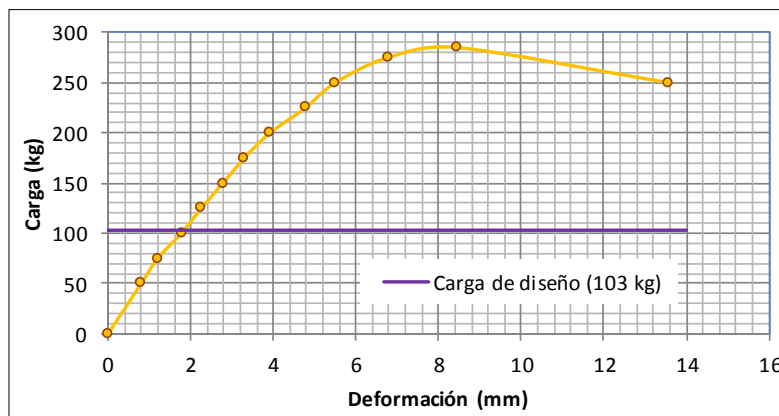
Figura 43. **Gráfica carga versus deformación 2 núcleo CeNca tipo “F”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 44 se presenta la gráfica de carga versus deformación del deformómetro en la posición 3 de la muestra 6.

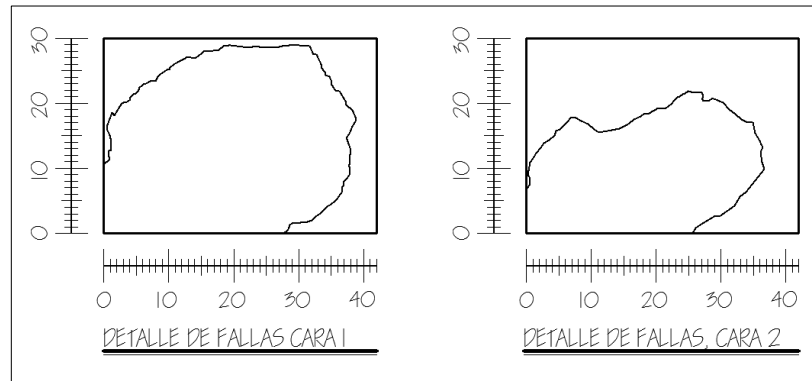
Figura 44. **Gráfica carga versus deformación 3 núcleo CeNca tipo “F”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 45 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 6 para su carga última.

Figura 45. **Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “F”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la tabla VII se presenta el esfuerzo y su deformación unitaria. Para la muestras 4 y 5 se obtuvo con los resultados de la segunda aplicación de carga.

Tabla VII. **Resultados esfuerzo y deformación unitaria núcleos CeNca tipo “F”**

No	Muestra 4		Muestra 5		Muestra 6	
	Esfuerzo kg/cm ²	ϵ mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²	ϵ mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²	ϵ mm/mm
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0244	0,0008	0,0235	0,0006	0,1411	0,0026
3	0,0610	0,0020	0,0588	0,0014	0,2116	0,0040
4	0,1221	0,0041	0,1176	0,0028	0,2821	0,0059
5	0,1831	0,0061	0,1765	0,0042	0,3527	0,0075
6	0,2441	0,0081	0,2353	0,0055	0,4232	0,0092
7	0,3052	0,0101	0,2941	0,0069	0,4937	0,0109
8	0,3662	0,0122	0,3529	0,0083	0,5643	0,0130
9	0,4273	0,0142	0,4118	0,0097	0,6348	0,0158
10	0,4883	0,0162	0,4706	0,0111	0,7053	0,0182
11	0,5493	0,0183	0,5294	0,0125	0,7758	0,0225

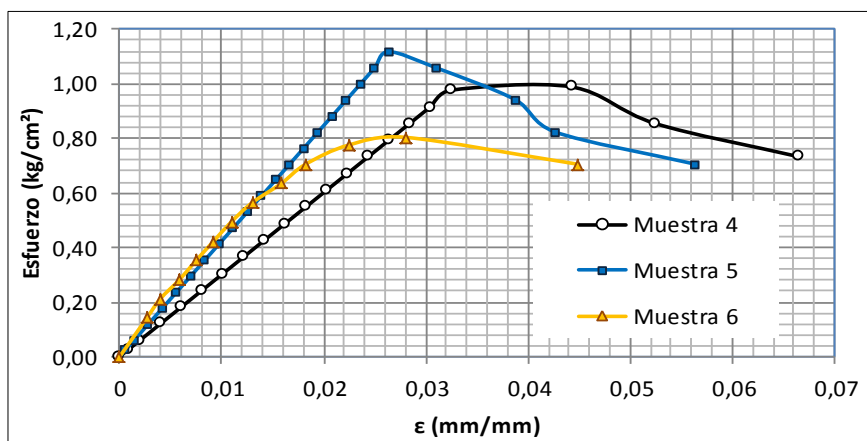
Continuación de la tabla VII

12	0,6104	0,0203	0,5882	0,0139	0,8041	0,0279
13	0,6714	0,0223	0,6471	0,0153	0,7053	0,0449
14	0,7324	0,0243	0,7059	0,0167	-	-
15	0,7935	0,0264	0,7647	0,0180	-	-
16	0,8545	0,0284	0,8235	0,0194	-	-
17	0,9155	0,0304	0,8824	0,0208	-	-
18	0,9766	0,0325	0,9412	0,0222	-	-
19	0,9888	0,0442	1,0000	0,0236	-	-
20	0,8545	0,0525	1,0588	0,0250	-	-
21	0,7324	0,0666	1,1176	0,0264	-	-
22	-	-	1,0588	0,0310	-	-
23	-	-	0,9412	0,0388	-	-
24	-	-	0,8235	0,0426	-	-
25	-	-	0,7059	0,0563	-	-

Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 46 se presenta la gráfica esfuerzo *versus* deformación unitaria para las tres muestras indicadas.

Figura 46. **Gráfica esfuerzo *versus* deformación unitaria núcleos CeNca tipo "F"**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

2.8.2. Núcleos CeNCa tipo “P”

En los ensayos realizados se obtuvieron los datos de deformación en cada carga aplicada. Estos datos se muestran en tablas donde se identifica cada punto de estudio y para interpretar los resultados se realizaron gráficas de carga *versus* deflexión en el caso del ensayo a flexión y carga *versus* deformación para el ensayo a compresión.

2.8.2.1. Ensayo a flexión

En la muestra 1 ensayada a flexión se aplicó la carga de diseño, luego se descargó y se volvió a aplicar carga hasta una deflexión de diseño de 4,5 mm y en las otras dos muestras se aplicó hasta su carga máxima. En la tabla VIII se muestran los resultados del ensayo a flexión para este tipo de núcleos.

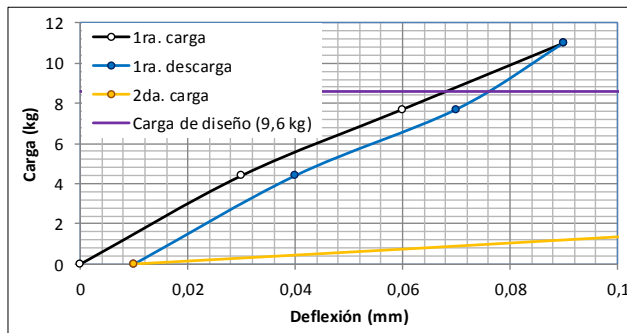
Tabla VIII. Resultados ensayo a flexión núcleos CeNCa tipo “P”

No.	Muestra 1				Muestra 2				Muestra 3			
	P	δ	δ	δ	P	δ	δ	δ	P	δ	δ	δ
	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm
1	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
2	4	0,03	0,03	0,03	25	0,65	3,30	0,56	25	0,35	0,51	0,30
3	8	0,06	0,05	0,05	50	3,50	6,86	1,78	50	1,10	1,27	0,86
4	11	0,09	0,10	0,09	75	7,25	-	20,07	75	6,15	7,62	4,83
5	8	0,07	0,08	0,06	-	-	-	-	100	12,10	13,46	10,92
6	4	0,04	0,03	0,04	-	-	-	-	125	16,70	-	16,76
7	0	0,01	0,00	0,00	-	-	-	-	130	-	-	-
8	25	1,71	2,31	4,72	-	-	-	-	-	-	-	-
9	45	4,19	5,94	7,95	-	-	-	-	-	-	-	-
10	25	3,31	4,98	7,06	-	-	-	-	-	-	-	-
11	0	2,17	3,78	5,92	-	-	-	-	-	-	-	-
12	25	4,79	5,59	7,53	-	-	-	-	-	-	-	-
13	50	5,87	6,76	9,88	-	-	-	-	-	-	-	-
14	75	7,56	10,82	12,62	-	-	-	-	-	-	-	-
15	100	12,21	14,88	15,67	-	-	-	-	-	-	-	-
16	125	20,87	23,27		-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 47 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión del primer ciclo de carga de la muestra 1 para el deformómetro de la posición 1.

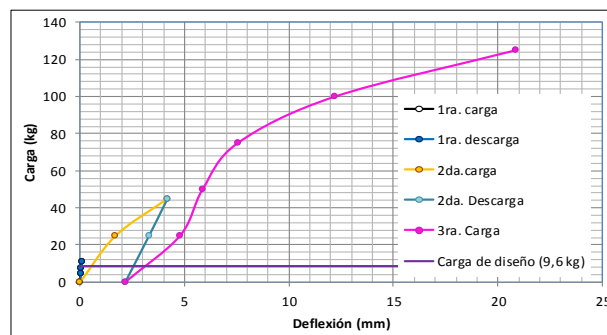
Figura 47. **Gráfica carga *versus* deflexión 1 núcleo CeNca tipo “P”, 1er ciclo, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 48 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de los tres ciclos de carga de la muestra 1 para el deformómetro de la posición 1.

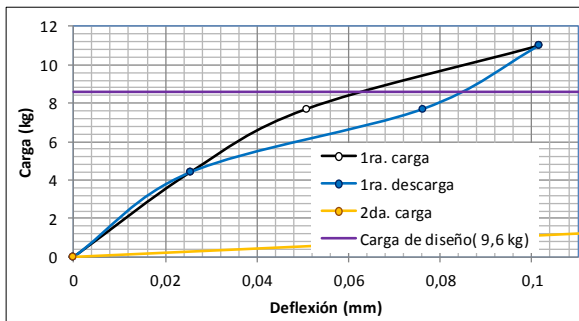
Figura 48. **Gráfica carga *versus* deflexión 1 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 49 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión del primer ciclo de carga de la muestra 1 para el deformómetro de la posición 2.

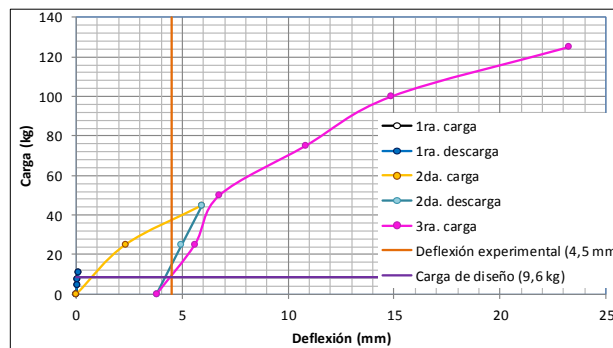
Figura 49. **Gráfica carga *versus* deflexión 2 núcleo CeNca tipo “P”, 1er ciclo, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 50 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de los tres ciclos de carga de la muestra 1 para el deformómetro de la posición 2.

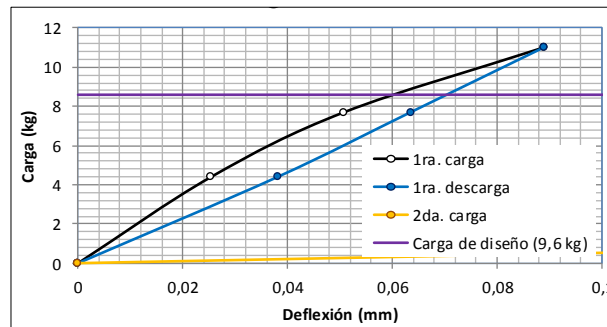
Figura 50. **Gráfica carga *versus* deflexión 2 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

En la figura 51 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión del primer ciclo de carga de la muestra 1 para el deformómetro de la posición 3.

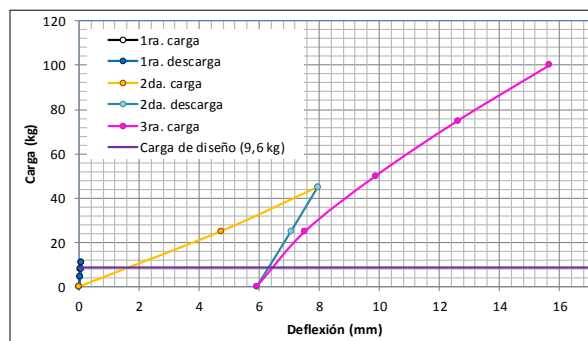
Figura 51. **Gráfica carga *versus* deflexión 3 núcleo CeNca tipo “P”, 1er ciclo, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 52 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de los tres ciclos de carga de la muestra 1 para el deformómetro de la posición 2.

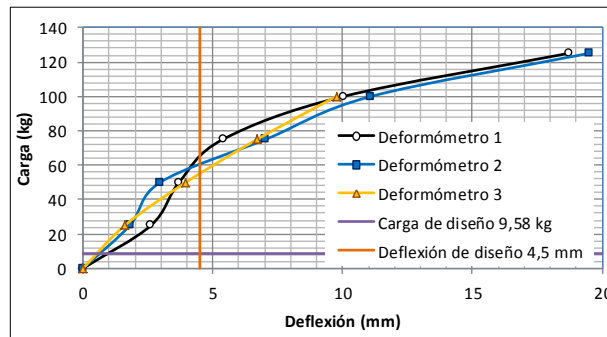
Figura 52. **Gráfica carga *versus* deflexión 3 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 53 se muestra la gráfica de carga *versus* deflexión de la muestra 1 para los tres deformómetros indicados en la tercera carga.

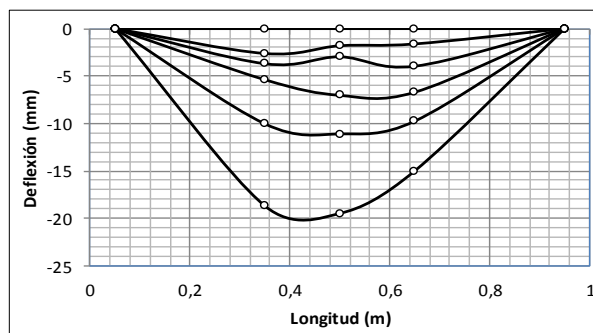
Figura 53. **Gráfica carga *versus* deflexión núcleo CeNca tipo “P”, 3ra. carga, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 54 se presenta la evolución de la elástica de la muestra 1 para cada lectura de carga en la tercera carga.

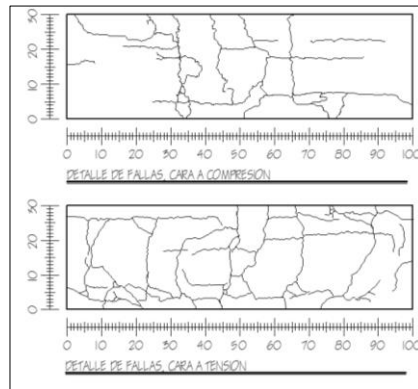
Figura 54. **Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “P”, tercera carga, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 55 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 1 para su carga última.

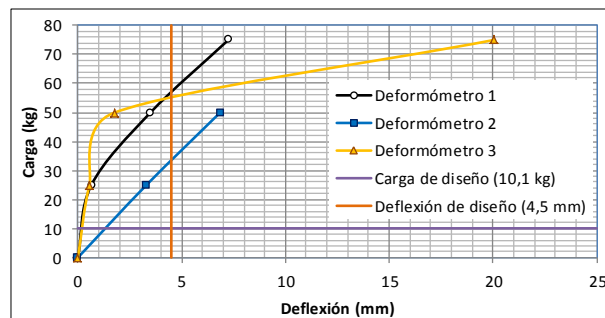
Figura 55. **Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 56 se presenta muestra la gráfica de carga *versus* deflexión de la muestra 2 para los tres deformómetros indicados.

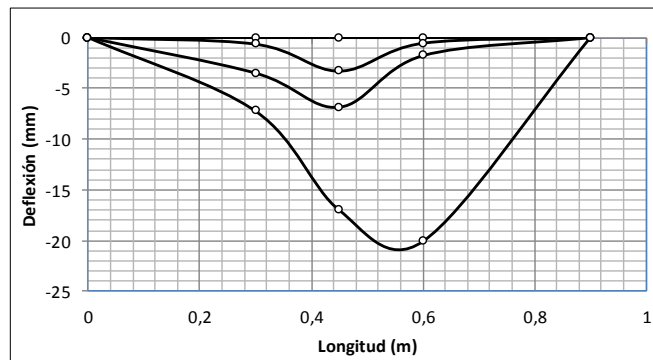
Figura 56. **Gráfica carga *versus* deflexión núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 57 se presenta la evolución de la elástica de la muestra 2 para cada lectura de carga.

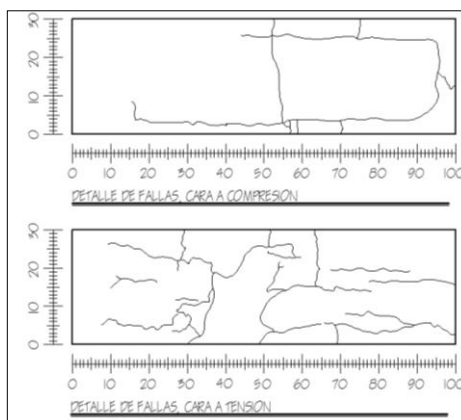
Figura 57. **Evolución de la elástica núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 58 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 2 para su carga última.

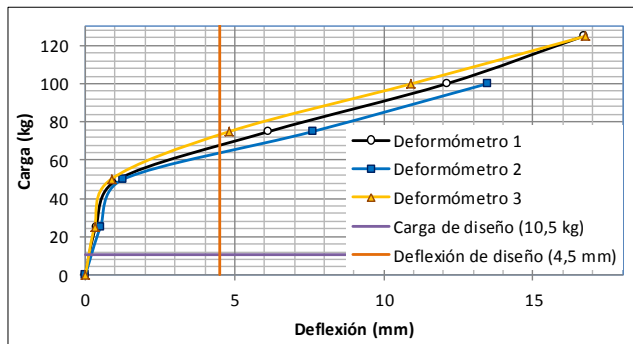
Figura 58. **Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 59 se presenta la gráfica de carga *versus* deflexión de la muestra 3 para los tres deformómetros indicados.

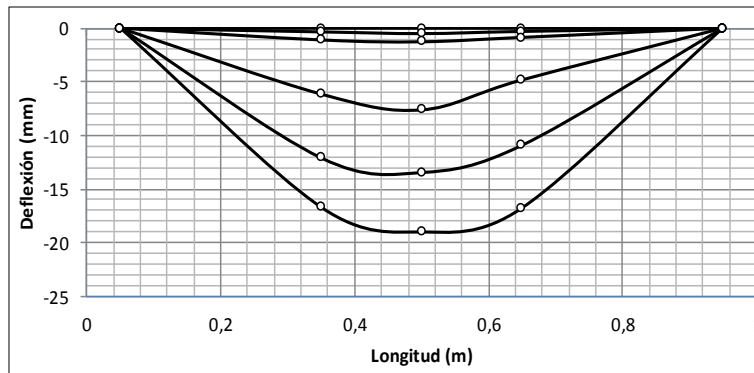
Figura 59. **Gráfica carga *versus* deflexión núcleo CeNca tipo “P”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 60 se presenta la evolución de la elástica de la muestra 3 para cada lectura de carga.

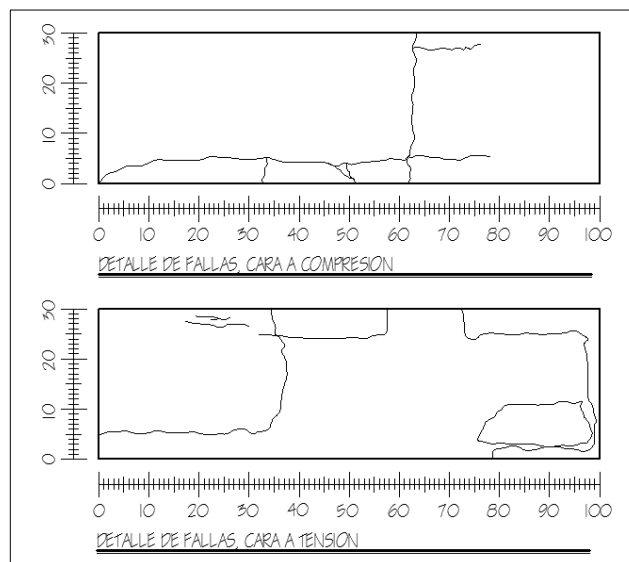
Figura 60. **Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “P”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 61 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 3 para su carga última.

Figura 61. **Detalle de fallas núcleo CeNca tipo "P, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.8.2.2. Ensayo a compresión

En el ensayo a compresión en la muestra 4 se utilizaron los tres deformómetros, pero en las muestra 5 y 6 solo se utilizaron dos, el primero lee el hinchamiento lateral y el segundo mide la deformación por la carga axial.

En la muestra 4 se llegó hasta la carga de diseño luego se descargó, se aplicó otra vez carga en intervalos de 50 kg, se descargó y la última carga fue en intervalos de 100 kg hasta la falla. La muestra 5 y 6 se aplicó carga en un intervalo de 100 kg hasta la falla. En la tabla IX se muestran los resultados obtenidos.

Tabla IX. Resultados ensayo a compresión núcleo CeNCa “P”

No.	Muestra 4				Muestra 5			Muestra 6		
	P	Δ	Δ	Δ	P	Δ	Δ	P	Δ	Δ
	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	kg	mm	mm
1	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
2	25	0,00	0,00	0,18	100	0,04	0,84	100	0,51	0,64
3	50	0,00	0,00	0,28	200	0,10	1,55	200	0,51	1,17
4	75	0,00	0,01	0,41	300	0,13	2,11	300	0,58	1,65
5	100	0,00	0,02	0,56	400	0,15	2,54	400	0,61	2,03
6	125	0,00	0,03	0,69	500	0,17	2,92	500	0,64	2,44
7	150	0,00	0,05	0,84	600	0,20	3,38	600	0,71	2,82
8	175	0,00	0,06	0,99	700	0,20	3,73	700	0,75	3,12
9	200	0,00	0,06	1,12	800	0,20	4,09	800	0,79	3,43
10	225	0,00	0,06	1,30	900	0,20	4,47	900	0,84	3,68
11	200	0,00	0,07	1,30	1 000	0,20	4,83	1 000	0,89	3,94
12	150	0,04	0,09	1,24	1 100	0,20	5,08	1 100	0,95	4,22
13	100	0,05	0,10	1,12	1 200	0,20	5,31	1 200	1,07	4,67
14	50	0,06	0,10	0,94	1 300	0,22	5,56	1 300	1,24	5,08
15	0	0,08	0,10	0,69	1 400	0,23	5,79	1 400	1,75	5,77
16	50	0,08	0,11	1,07	1 500	0,25	5,99	-	-	-
17	100	0,08	0,11	1,30	1 600	0,28	6,25	-	-	-
18	150	0,08	0,11	1,48	1 700	0,28	6,43	-	-	-
19	200	0,09	0,11	1,68	1 800	0,30	6,63	-	-	-
20	250	0,12	0,11	1,88	1 900	0,36	6,86	-	-	-
21	300	0,14	0,11	2,09	2 000	0,41	7,06	-	-	-
22	350	0,18	0,11	2,34	2 100	0,51	7,29	-	-	-
23	400	0,23	0,11	2,62	2 200	0,61	7,49	-	-	-
24	450	0,28	0,13	2,93	2 280	-	-	-	-	-
25	500	0,31	0,14	3,18	-	-	-	-	-	-
26	550	0,35	0,14	3,59	-	-	-	-	-	-
27	600	0,36	0,15	4,14	-	-	-	-	-	-
28	650	0,38	0,15	4,27	-	-	-	-	-	-
29	700	0,38	0,14	4,40	-	-	-	-	-	-
30	750	0,40	0,13	4,73	-	-	-	-	-	-
31	800	0,40	0,11	5,03	-	-	-	-	-	-
32	850	0,41	0,10	5,31	-	-	-	-	-	-
33	900	0,41	0,12	5,57	-	-	-	-	-	-
34	950	0,41	0,13	5,85	-	-	-	-	-	-
35	1 000	0,41	0,15	6,07	-	-	-	-	-	-
36	1 050	0,41	0,15	6,30	-	-	-	-	-	-
37	1 100	0,41	0,15	6,51	-	-	-	-	-	-
38	1 150	0,41	0,16	6,68	-	-	-	-	-	-
39	1 200	0,41	0,17	6,89	-	-	-	-	-	-
40	1 250	0,41	0,18	7,04	-	-	-	-	-	-
41	1 300	0,41	0,20	7,34	-	-	-	-	-	-
42	1 350	0,41	0,22	7,52	-	-	-	-	-	-
43	1 400	0,41	0,24	7,52	-	-	-	-	-	-

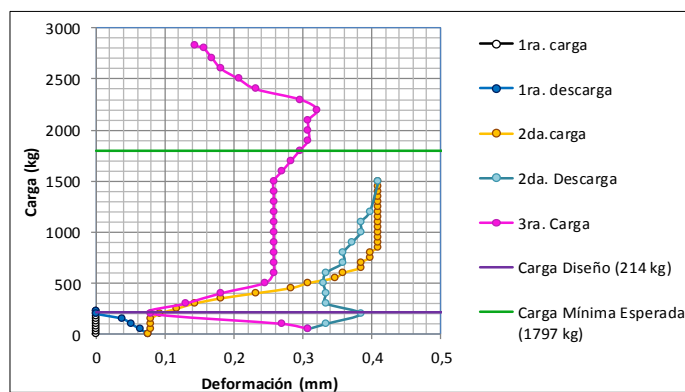
Continuación de la tabla IX.

44	1 450	0,41	0,22	7,42	-	-	-	-	-	-
45	1 500	0,41	0,29	7,83	-	-	-	-	-	-
46	1 200	0,40	0,31	7,52	-	-	-	-	-	-
47	1 100	0,38	0,31	7,45	-	-	-	-	-	-
48	1 000	0,38	0,31	7,40	-	-	-	-	-	-
49	900	0,37	0,32	7,57	-	-	-	-	-	-
50	800	0,36	0,32	7,55	-	-	-	-	-	-
51	700	0,36	0,33	7,42	-	-	-	-	-	-
52	600	0,33	0,34	7,27	-	-	-	-	-	-
53	500	0,33	0,36	7,17	-	-	-	-	-	-
54	400	0,33	0,31	6,91	-	-	-	-	-	-
55	300	0,33	0,28	6,53	-	-	-	-	-	-
56	200	0,38	0,33	6,25	-	-	-	-	-	-
57	100	0,33	0,37	5,87	-	-	-	-	-	-
58	50	0,31	0,42	5,36	-	-	-	-	-	-
59	100	0,27	0,46	5,85	-	-	-	-	-	-
60	200	0,08	0,50	6,10	-	-	-	-	-	-
61	300	0,13	0,54	6,38	-	-	-	-	-	-
62	400	0,18	0,56	6,58	-	-	-	-	-	-
63	500	0,25	0,56	6,81	-	-	-	-	-	-
64	600	0,26	0,56	7,12	-	-	-	-	-	-
65	700	0,26	0,56	7,32	-	-	-	-	-	-
66	800	0,26	0,56	7,57	-	-	-	-	-	-
67	900	0,26	0,56	7,78	-	-	-	-	-	-
68	1 000	0,26	0,56	7,93	-	-	-	-	-	-
69	1 100	0,26	0,56	8,08	-	-	-	-	-	-
70	1 200	0,26	0,56	8,23	-	-	-	-	-	-
71	1 300	0,26	0,56	8,36	-	-	-	-	-	-
72	1 400	0,26	0,56	8,51	-	-	-	-	-	-
73	1 500	0,26	0,56	8,67	-	-	-	-	-	-
74	1 600	0,27	0,89	8,87	-	-	-	-	-	-
75	1 700	0,28	0,92	9,05	-	-	-	-	-	-
76	1 800	0,30	0,98	9,25	-	-	-	-	-	-
77	1 900	0,31	1,02	9,38	-	-	-	-	-	-
78	2 000	0,31	1,09	9,55	-	-	-	-	-	-
79	2 100	0,31	1,14	9,73	-	-	-	-	-	-
80	2 200	0,32	1,19	9,86	-	-	-	-	-	-
81	2 300	0,30	1,33	10,16	-	-	-	-	-	-
82	2 400	0,23	1,41	10,29	-	-	-	-	-	-
83	2 500	0,21	1,47	10,47	-	-	-	-	-	-
84	2 600	0,18	1,51	10,60	-	-	-	-	-	-
85	2 700	0,17	1,58	10,75	-	-	-	-	-	-
86	2 800	0,16	1,65	10,90	-	-	-	-	-	-
87	2 825	0,14	1,50	11,84	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

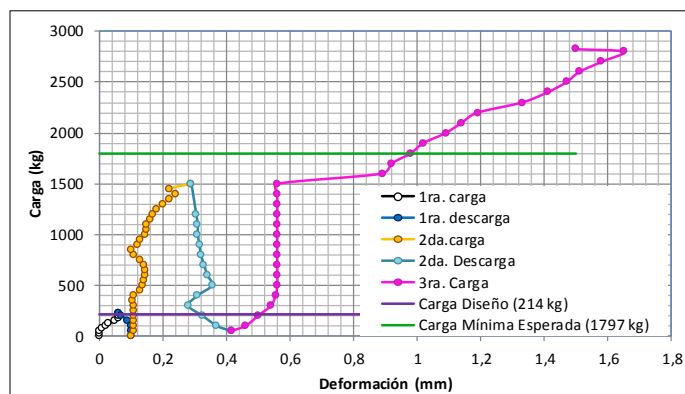
En las figuras 62 y 63 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación de los deformómetros en las caras laterales de la muestra 4 para los tres ciclos de carga.

Figura 62. **Gráfica carga *versus* deformación 1 núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

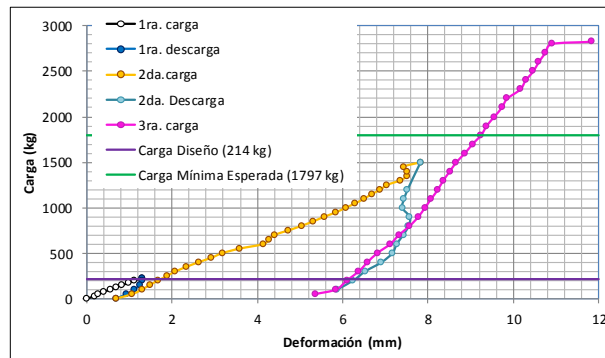
Figura 63. **Gráfica carga *versus* deformación 2 núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 64 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la posición 3 de la muestra 4 para los tres ciclos de carga.

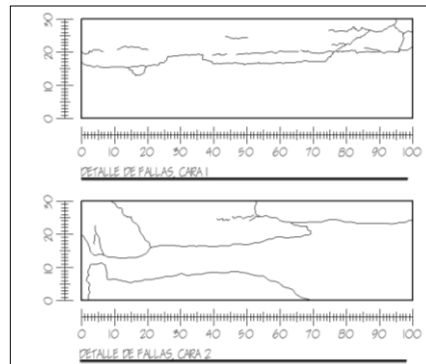
Figura 64. **Gráfica carga *versus* deformación 3 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 65 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 4 para su carga última.

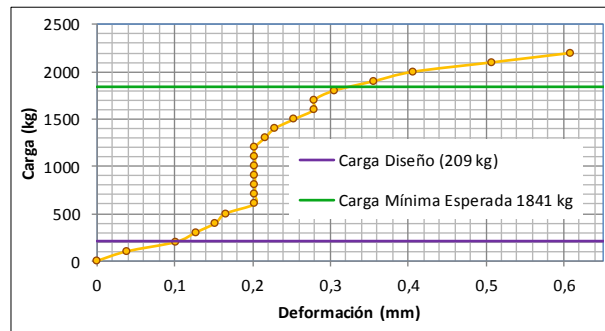
Figura 65. **Detalle de falla núcleo CeNca tipo “P”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 66 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación para el deformómetro en la cara lateral de la muestra 5.

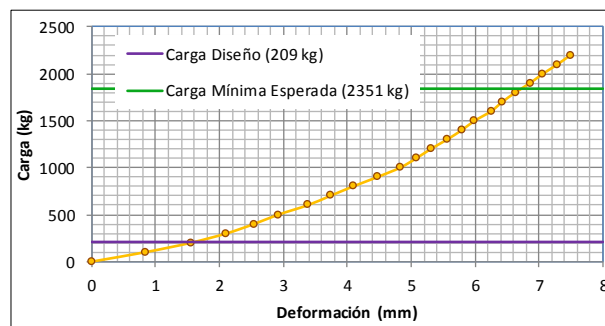
Figura 66. **Gráfica carga *versus* deformación 1 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 67 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la posición 2 de la muestra 5.

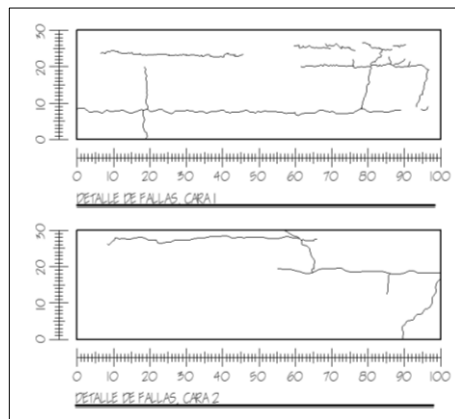
Figura 67. **Gráfica carga *versus* deformación 2 núcleo CeNca tipo “P”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 68 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 5 para su carga última.

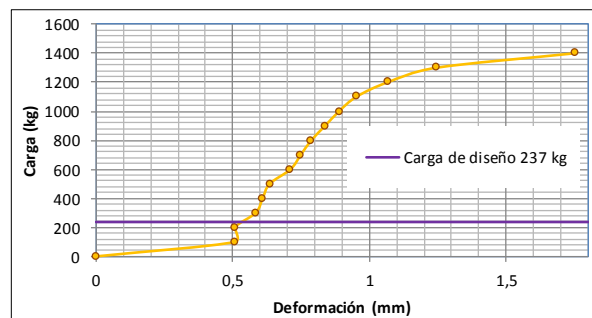
Figura 68. **Detalle de falla núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 69 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la cara lateral de la muestra 6.

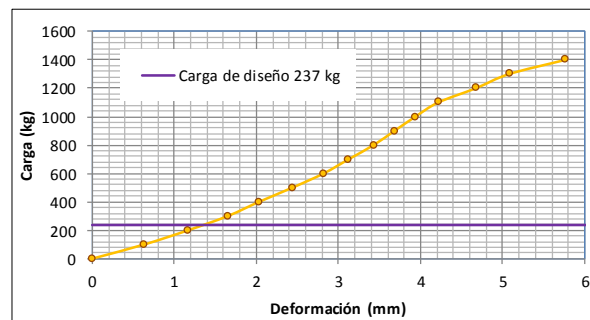
Figura 69. **Gráfica carga *versus* deformación 1 núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 70 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la posición 2 de la muestra 6.

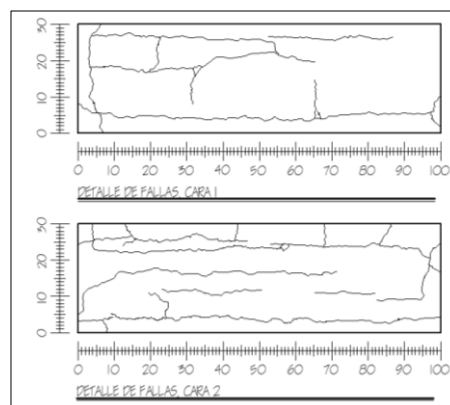
Figura 70. **Gráfica carga *versus* deformación 2 núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 71 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 6 para su carga última.

Figura 71. **Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “P”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Para comparar las tres muestras a compresión, se obtuvieron el esfuerzo y la deformación unitaria para luego obtener el módulo de elasticidad de cada una las muestras. En la tabla X se presenta los resultados de esfuerzo y deformación unitaria para cada muestra ensayada a compresión.

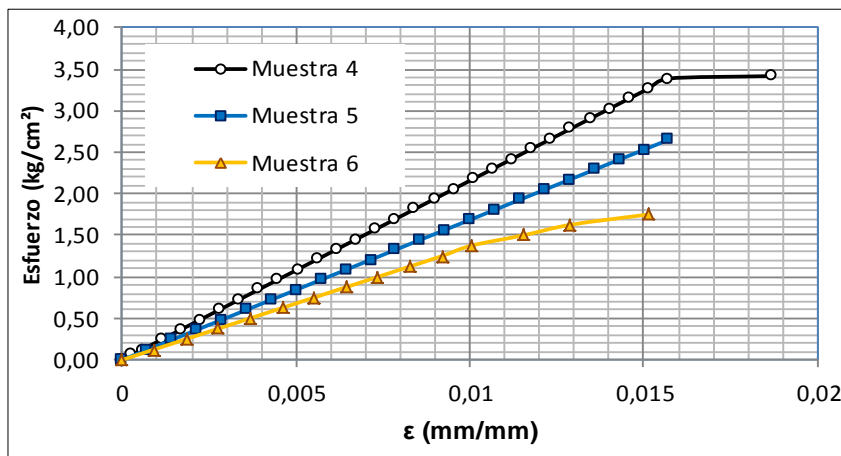
Tabla X. **Resultados esfuerzo y deformación unitaria núcleos CeNca tipo “P”**

No	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Esfuerzo kg/cm ²	ε mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²	ε mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²	ε mm/mm
1	0,0000	0,0000	0	0	0,0000	0,0000
2	0,0605	0,0003	0,1205	0,0007	0,0001	0,0000
3	0,1210	0,0006	0,2410	0,0014	0,0002	0,0000
4	0,2419	0,0011	0,3614	0,0021	0,0003	0,0000
5	0,3629	0,0017	0,4819	0,0029	0,0005	0,0000
6	0,4839	0,0022	0,6024	0,0036	0,0006	0,0000
7	0,6048	0,0028	0,7229	0,0043	0,0008	0,0000
8	0,7258	0,0034	0,8434	0,0050	0,0009	0,0000
9	0,8468	0,0039	0,9639	0,0057	0,0011	0,0000
10	0,9677	0,0045	1,0843	0,0064	0,0012	0,0000
11	1,0887	0,0050	1,2048	0,0071	0,0014	0,0000
12	1,2097	0,0056	1,3253	0,0079	0,0015	0,0000
13	1,3306	0,0062	1,4458	0,0086	0,0017	0,0000
14	1,4516	0,0067	1,5663	0,0093	0,0018	0,0000
15	1,5726	0,0073	1,6867	0,0100	0,0020	0,0000
16	1,6935	0,0078	1,8072	0,0107	-	-
17	1,8145	0,0084	1,9277	0,0114	-	-
18	1,9355	0,0090	2,0482	0,0121	-	-
19	2,0564	0,0095	2,1687	0,0129	-	-
20	2,1774	0,0101	2,2892	0,0136	-	-
21	2,2984	0,0107	2,4096	0,0143	-	-
22	2,4193	0,0112	2,5301	0,0150	-	-
23	2,5403	0,0118	2,6506	0,0157	-	-
24	2,6612	0,0123	-	-	-	-
25	2,7822	0,0129	-	-	-	-
26	2,9032	0,0135	-	-	-	-
27	3,0241	0,0140	-	-	-	-
28	3,1451	0,0146	-	-	-	-
29	3,2661	0,0151	-	-	-	-
30	3,3870	0,0157	-	-	-	-
31	3,4173	0,0187	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

En la figura 72 se presenta la gráfica esfuerzo *versus* deformación de las tres muestras indicadas.

Figura 72. **Gráfica esfuerzo *versus* deformación unitaria núcleos CeNca tipo “P”**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

2.8.3. Núcleos CeNca tipo “T”

En los ensayos realizados se obtuvieron los datos de deformación en cada carga aplicada. Estos datos se muestran en tablas donde se identifica cada punto de estudio y para interpretar los resultados se realizó gráficas carga versus deflexión en el caso del ensayo a flexión y carga versus deformación para el ensayo a compresión.

2.8.3.1. Ensayo a flexión

En la tabla XI se muestran los resultados de los ensayos de flexión, en donde se aplicó carga hasta la falla.

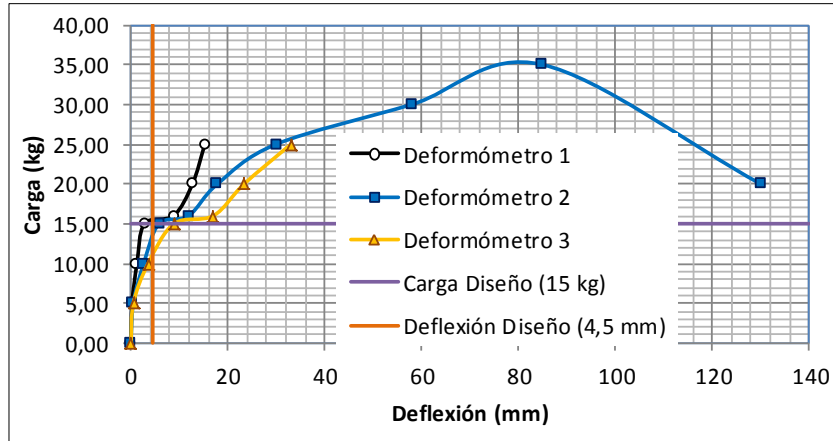
Tabla XI. **Resultados ensayo a flexión núcleo CeNCa tipo “T”**

No.	Muestra 1				Muestra 2				Muestra 3			
	P	δ	δ	δ	P	δ	δ	δ	P	δ	δ	δ
	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm
1	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
2	5	0,23	0,48	0,51	5	0,01	0,05	0,00	5	0,03	0,08	0,00
3	10	1,25	2,64	3,56	10	0,05	0,13	0,13	10	0,08	0,15	0,00
4	15	2,81	5,82	8,89	15	0,10	0,23	0,25	15	0,14	0,23	0,00
5	16	8,81	11,91	17,02	20	0,17	0,33	0,43	20	0,20	0,33	0,00
6	20	12,71	17,86	23,37	25	0,31	0,64	0,86	25	0,27	0,43	0,16
7	25	15,26	30,00	33,02	15	1,07	2,24	2,57	30	0,34	0,58	0,50
8	30	-	58,00	-	20	1,51	3,30	3,73	35	0,43	0,69	0,63
9	35	-	85,00	-	25	3,42	7,37	8,23	40	1,19	2,72	1,48
10	20	-	130,00	-	30	7,11	24,89	17,75	35	2,55	3,48	2,08
11	-	-	-	-	25	-	42,00	-	40	3,04	4,50	2,78
12	-	-	-	-	27	-	75,00	-	35	4,16	7,04	4,08
13	-	-	-	-	20	-	90,00	-	40	5,28	9,32	5,48
14	-	-	-	-	-	-	-	-	43	6,84	12,88	7,28
15	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	30,00	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	40,00	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	55,00	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	80,00	-

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 73 se presenta la gráfica carga *versus* deformación de la muestra 1.

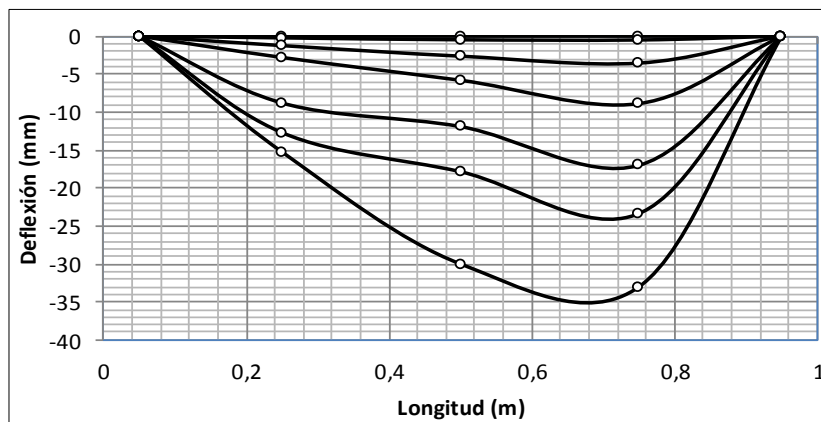
Figura 73. **Gráfica carga versus deflexión núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 74 se muestra la evolución de la elástica de la muestra 1 para cada lectura de carga.

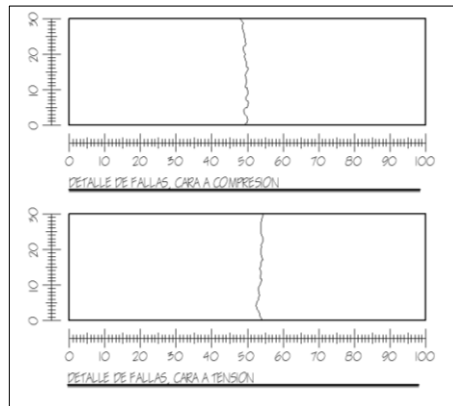
Figura 74. **Evolución de la elástica núcleo CeNCa tipo “T” muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 75 se muestra el esquema del detalle de fallas de la muestra 1 para su carga última.

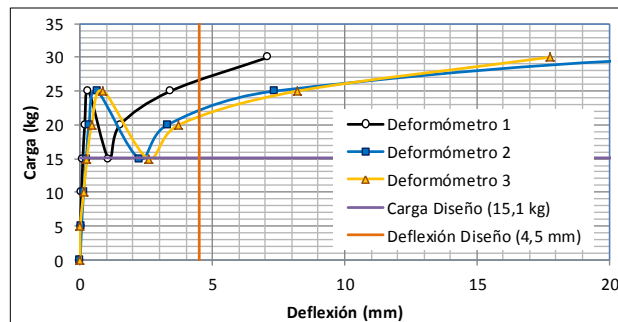
Figura 75. **Detalle de falla núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 1**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 76 se presenta la gráfica carga *versus* deformación de la muestra 2 detallada en los primeros datos tomados.

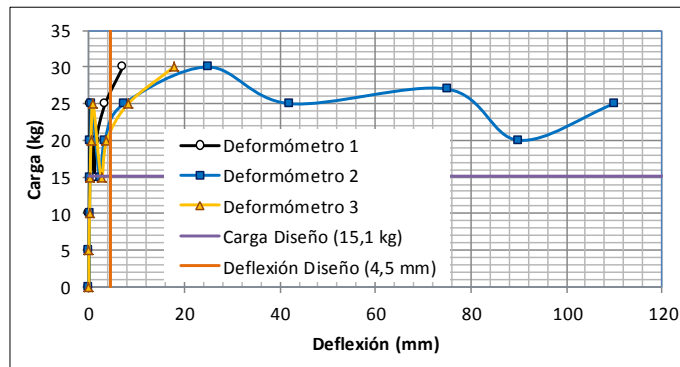
Figura 76. **Gráfica carga *versus* deflexión del núcleo CeNCa tipo “T” muestra 2 (más detallada)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 77 se presenta la gráfica carga *versus* deformación de la muestra 2.

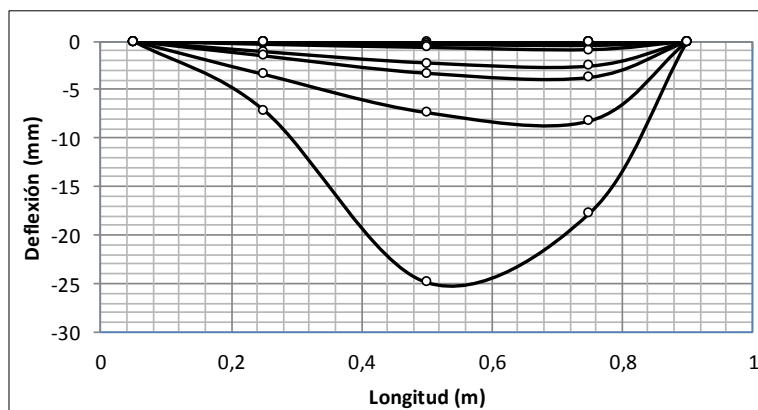
Figura 77. **Grafica carga *versus* deflexión del núcleo CeNca tipo “T”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 78 se presenta la evolución de la elástica para la muestra 2.

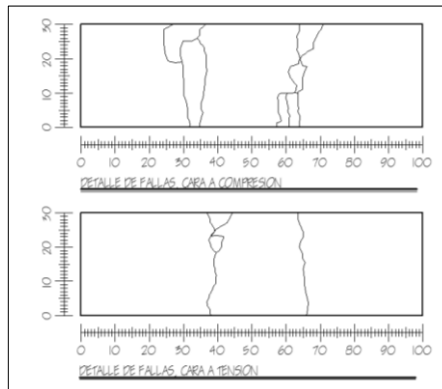
Figura 78. **Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “T”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de Excel.

En la figura 79 se muestra el esquema del detalle de fallas de la muestra 2 para su carga última.

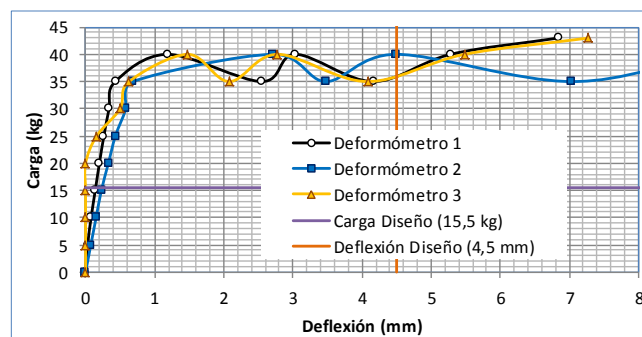
Figura 79. **Detalle de falla núcleo CeNca tipo “T”, muestra 2**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 80 se presenta la gráfica carga *versus* deformación de la muestra 3 detallada en los primeros datos tomados.

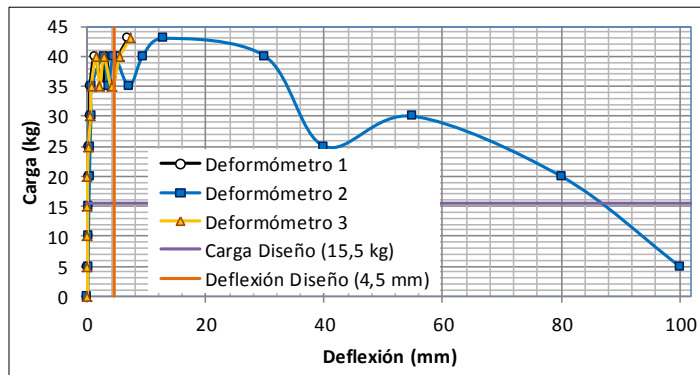
Figura 80. **Gráfica carga *versus* deflexión del núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3 (más detallada)**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 81 se presenta la gráfica carga *versus* deformación de la muestra 3 detallada en los primeros datos tomados.

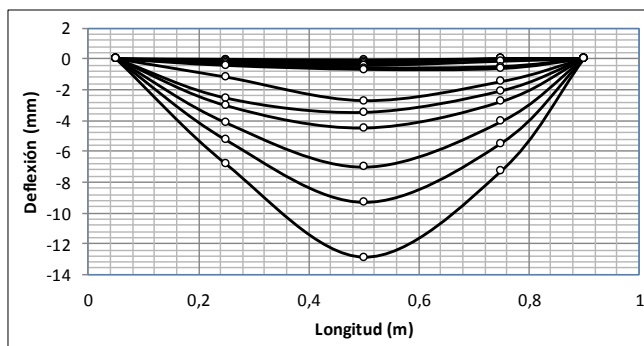
Figura 81. **Gráfica carga *versus* deflexión del núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 82 se muestra la evolución de la elástica de la muestra 3 para cada lectura de carga.

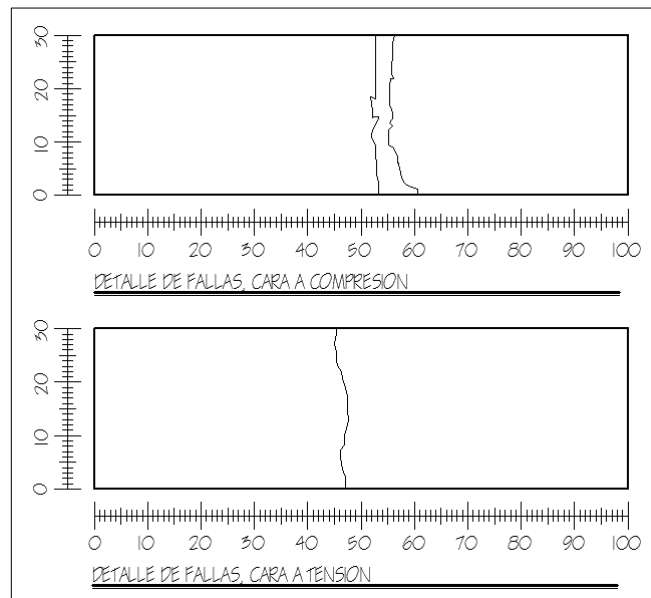
Figura 82. **Evolución de la elástica núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 83 se muestra el esquema del detalle de fallas de la muestra 3 para su carga última.

Figura 83. **Detalle de falla núcleo CeNca tipo “T”, muestra 3**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.8.3.2. **Ensayo a compresión**

En el ensayo a compresión en la muestra 4 realizaron tres ciclos de carga mientras que en la muestra 5 y 6 solo dos ciclos de cargas esto se debe a que en el segundo ciclo de carga para la muestra 4 los rangos de cargas pequeños. En la tabla XII se presentan los resultados para el ensayo a compresión de cada muestra.

Tabla XII. **Resultados ensayo a compresión núcleos CeNca tipo “T”**

No.	Muestra 4			Muestra 5			Muestra 6		
	P	Δ 1	Δ 2	P	Δ 1	Δ 2	P	Δ 1	Δ 2
	kg	mm	mm	kg	mm	mm	kg	mm	mm
1	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
2	25	0,03	0,36	25	0,01	0,03	25	0,05	1,37
3	50	0,04	0,81	50	0,01	0,28	50	0,07	1,80
4	75	0,06	1,24	75	0,00	0,61	75	0,08	2,31
5	100	0,08	1,70	100	0,00	0,91	100	0,09	2,82
6	125	0,09	2,21	125	-0,01	1,22	125	0,11	3,25
7	150	0,11	2,72	150	-0,01	1,55	150	0,13	3,71
8	175	0,15	3,25	175	-0,01	1,75	175	0,14	4,09
9	200	0,16	3,68	200	-0,01	2,18	200	0,15	4,34
10	225	0,17	4,11	225	-0,01	2,41	225	0,16	4,65
11	250	0,19	4,60	250	-0,01	2,64	250	0,17	4,93
12	275	0,20	5,08	275	-0,01	2,92	275	0,17	5,11
13	300	0,21	5,51	300	-0,10	3,12	300	0,17	5,36
14	325	0,22	5,94	325	-0,02	3,33	325	0,18	5,61
15	350	0,23	6,35	350	-0,02	3,51	350	0,18	5,84
16	375	0,24	6,86	375	-0,03	3,61	375	0,19	5,99
17	350	0,25	7,37	350	-0,03	3,66	350	0,19	6,07
18	300	0,24	7,37	300	-0,03	3,66	300	0,19	6,07
19	250	0,24	7,21	250	-0,02	3,58	250	0,18	6,07
20	200	0,24	6,91	200	-0,02	3,40	200	0,19	5,99
21	150	0,24	6,53	150	-0,02	3,18	150	0,18	5,61
22	100	0,24	6,02	100	-0,01	2,90	100	0,18	5,23
23	50	0,23	4,75	50	0,00	2,39	50	0,17	4,72
24	0	0,23	4,37	0	0,02	1,50	0	0,16	3,71
25	0	0,16	3,91	0	0,11	0,97	0	0,26	1,57
26	0	0,16	3,91	0	0,13	0,97	0	0,26	1,57
27	125	0,24	6,07	500	0,20	6,20	500	0,34	7,54
28	250	0,26	10,46	1 000	0,13	8,51	1 000	0,32	10,21
29	375	0,27	12,04	1 500	0,12	10,06	1 500	0,31	12,50
30	500	0,27	13,82	2 000	0,11	11,53	2 000	0,30	14,27
31	625	0,26	15,85	2 500	0,11	12,73	2 500	0,30	15,54
32	750	0,24	17,22	3 000	0,11	14,07	3 000	0,30	16,87
33	875	0,20	18,49	3 500	0,11	15,14	3 500	0,30	17,96
34	1 000	0,17	19,51	4 000	0,11	16,03	4 000	0,30	18,97
35	1 125	0,13	20,55	4 500	0,11	17,17	4 500	0,31	19,94
36	1 250	0,09	21,39	5 000	0,10	17,88	5 000	0,32	20,88
37	1 375	0,06	22,20	5 500	0,09	18,69	5 500	0,34	21,89
38	1 500	0,03	22,89	6 000	0,07	19,46	6 000	0,35	22,71
39	1 625	-0,01	23,55	6 500	0,05	20,42	6 500	0,36	23,52

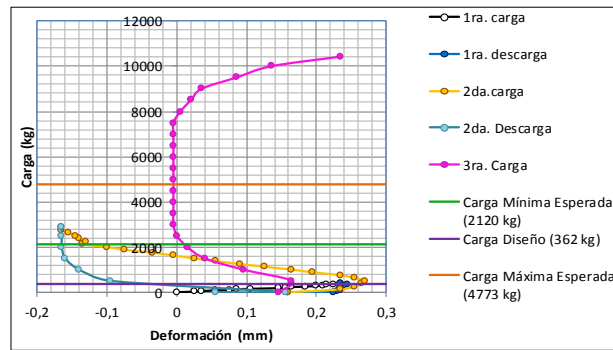
Continuación de la tabla XII.

40	1 750	-0,04	24,26	7 000	0,03	21,23	7 000	0,38	24,36
41	1 875	-0,08	24,79	7 500	0,02	22,05	7 500	0,40	25,27
42	2 000	-0,10	25,22	8 000	-0,04	22,89	8 000	0,42	26,16
43	2 125	-0,14	25,91	8 500	-0,06	23,65	8 500	0,46	27,18
44	2 250	-0,13	26,47	9 000	-0,10	25,04	9 000	-0,48	28,24
45	2 375	-0,14	26,80	9 500	-0,14	28,55	9 500	-0,24	30,02
46	2 500	-0,15	27,20	9 960	0,78	29,67	9 520	-0,49	30,45
47	2 625	-0,16	27,61	-	-	-	-	-	-
48	2 750	-0,17	28,24	-	-	-	-	-	-
49	2 875	-0,17	28,55	-	-	-	-	-	-
50	2 500	-0,17	28,73	-	-	-	-	-	-
51	2 000	-0,17	28,40	-	-	-	-	-	-
52	1 500	-0,16	27,71	-	-	-	-	-	-
53	1 000	-0,14	26,85	-	-	-	-	-	-
54	500	-0,10	25,43	-	-	-	-	-	-
55	0	0,16	19,76	-	-	-	-	-	-
56	0	0,06	18,39	-	-	-	-	-	-
57	0	0,15	18,39	-	-	-	-	-	-
58	500	0,17	22,50	-	-	-	-	-	-
59	1 000	0,10	23,98	-	-	-	-	-	-
60	1 500	0,04	25,25	-	-	-	-	-	-
61	2 000	0,02	26,29	-	-	-	-	-	-
62	2 500	0,00	27,28	-	-	-	-	-	-
63	3 000	-0,01	28,22	-	-	-	-	-	-
64	3 500	-0,01	29,21	-	-	-	-	-	-
65	4 000	-0,01	30,28	-	-	-	-	-	-
66	4 500	-0,01	31,29	-	-	-	-	-	-
67	5 000	-0,01	32,28	-	-	-	-	-	-
68	5 500	-0,01	33,43	-	-	-	-	-	-
69	6 000	-0,01	34,32	-	-	-	-	-	-
70	6 500	-0,01	35,20	-	-	-	-	-	-
71	7 000	-0,01	36,14	-	-	-	-	-	-
72	7 500	-0,01	36,98	-	-	-	-	-	-
73	8 000	0,01	40,51	-	-	-	-	-	-
74	8 500	0,02	41,30	-	-	-	-	-	-
75	9 000	0,04	42,19	-	-	-	-	-	-
76	9 500	0,09	43,33	-	-	-	-	-	-
77	10 000	0,14	44,48	-	-	-	-	-	-
78	10 430	0,24	46,38	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 84 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la cara lateral del núcleo para la muestra 4.

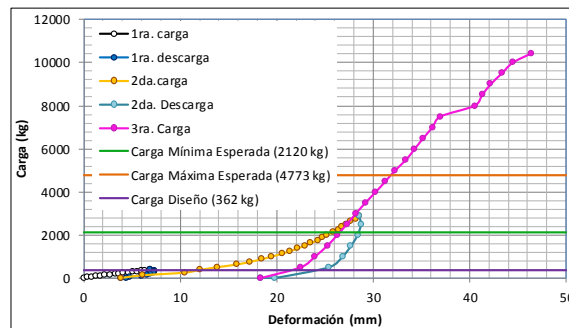
Figura 84. **Gráfica carga *versus* deformación núcleo CeNca tipo “T”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 85 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la posición 2 de la muestra 4 para los tres ciclos de carga.

Figura 85. **Gráfica carga *versus* deformación 2 núcleo CeNca tipo “T”, muestra 4**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 86 se muestra una fotografía del núcleo después del ensayo para la muestra 4.

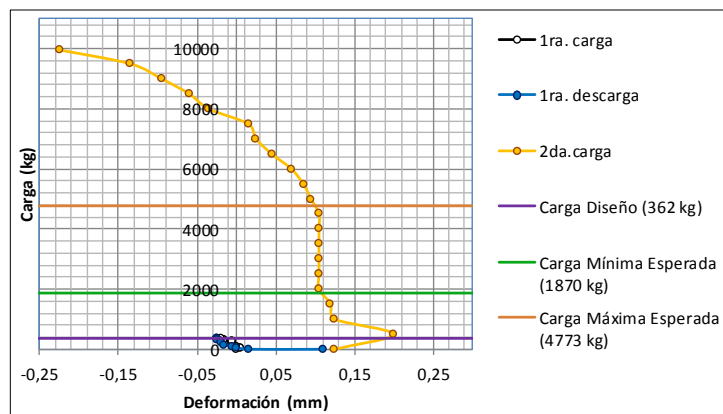
Figura 86. **Detalle de fallas núcleo CeNca tipo “T”, muestra 4**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

En la figura 87 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la cara lateral del núcleo para la muestra 5.

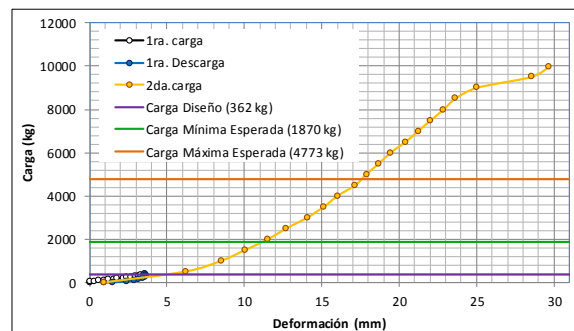
Figura 87. **Gráfica carga *versus* deformación 1 núcleo CeNca tipo “T”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 88 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la posición 2 de la muestra 5 para los dos ciclos de carga.

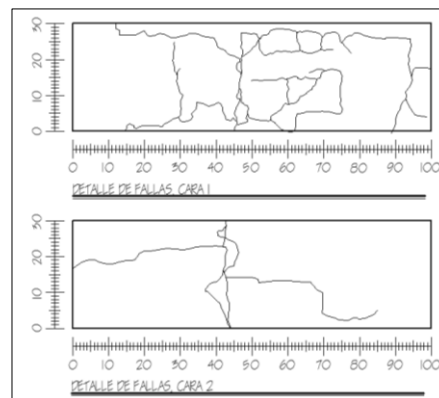
Figura 88. **Gráfica carga *versus* deformación núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 89 se muestra el esquema del detalle de fallas de la muestra 5 para su carga última.

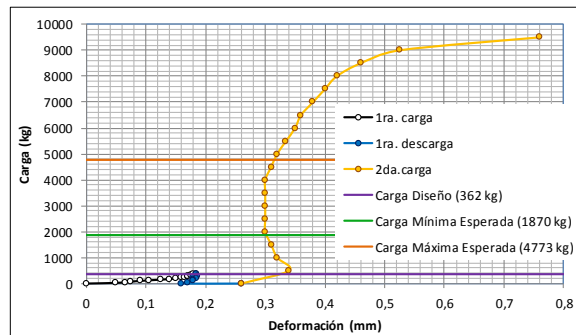
Figura 89. **Detalle de fallas núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 5**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la figura 90 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la cara lateral del núcleo para la muestra 6.

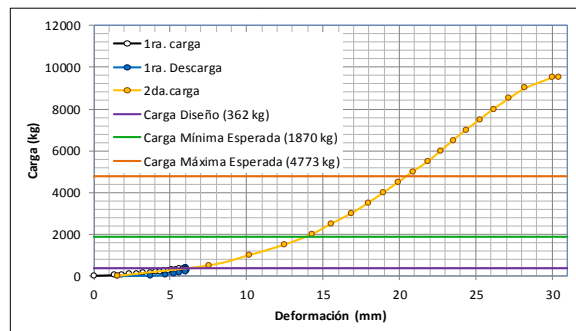
Figura 90. **Gráfica carga *versus* deformación 1 núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 91 se presenta la gráfica de carga *versus* deformación del deformómetro en la posición 2 de la muestra 5 para los dos ciclos de carga.

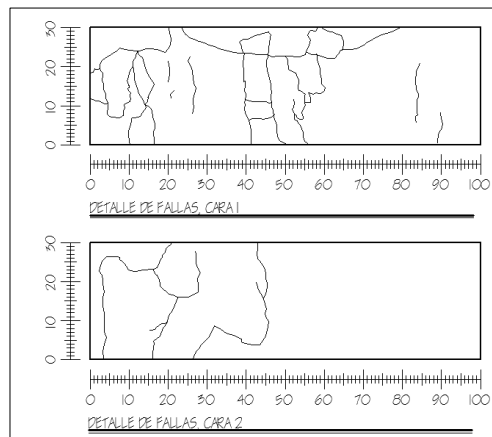
Figura 91. **Gráfica carga *versus* deformación 2 núcleo CeNCa tipo “T”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 92 se presenta el esquema del detalle de fallas de la muestra 6 para su carga última.

Figura 92. **Detalle falla núcleo CeNca tipo “T”, muestra 6**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En la tabla XIII se presenta el esfuerzo y deformación unitaria y su módulo de elasticidad para cada muestra.

Tabla XIII. **Resultados esfuerzo y deformación unitaria núcleos CeNca tipo “T”**

No	Muestra 4		Muestra 5		Muestra 6	
	Esfuerzo kg/cm ²	ϵ mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²	ϵ mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²	ϵ mm/mm
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,610	0,003	0,607	0,003	0,607	0,003
3	1,221	0,006	1,215	0,006	1,215	0,006
4	1,831	0,010	1,822	0,009	1,822	0,009
5	2,441	0,013	2,429	0,012	2,429	0,012
6	3,052	0,017	3,037	0,014	3,037	0,015
7	3,662	0,020	3,644	0,016	3,644	0,018
8	4,273	0,023	4,251	0,020	4,251	0,021

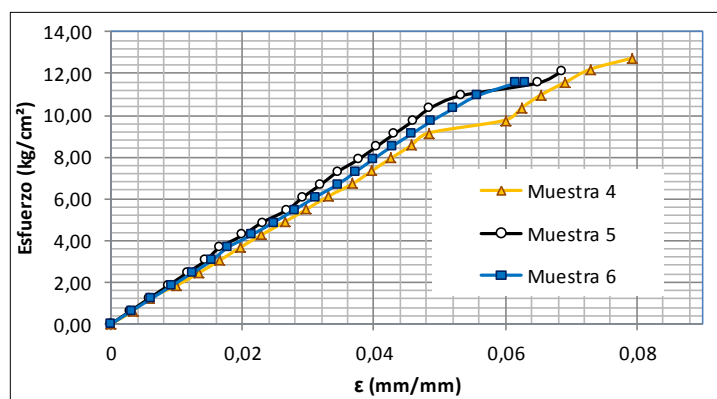
Continuación de la tabla XIII

9	4,883	0,026	4,859	0,023	4,859	0,025
10	5,493	0,030	5,466	0,027	5,466	0,028
11	6,104	0,033	6,073	0,029	6,073	0,031
12	6,714	0,037	6,681	0,032	6,681	0,034
13	7,324	0,040	7,288	0,034	7,288	0,037
14	7,935	0,043	7,895	0,038	7,895	0,040
15	8,545	0,046	8,503	0,040	8,503	0,043
16	9,155	0,048	9,110	0,043	9,110	0,046
17	9,766	0,060	9,717	0,046	9,717	0,049
18	10,376	0,063	10,325	0,048	10,325	0,052
19	10,987	0,065	10,932	0,053	10,932	0,056
20	11,597	0,069	11,539	0,065	11,539	0,062
21	12,207	0,073	12,098	0,069	11,564	0,063
22	12,732	0,079				

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En la figura 93 se presenta la gráfica esfuerzo *versus* deformación unitaria para cada muestra indicada.

Figura 93. **Grafica esfuerzo *versus* deformación unitaria núcleos CeNca tipo "T"**



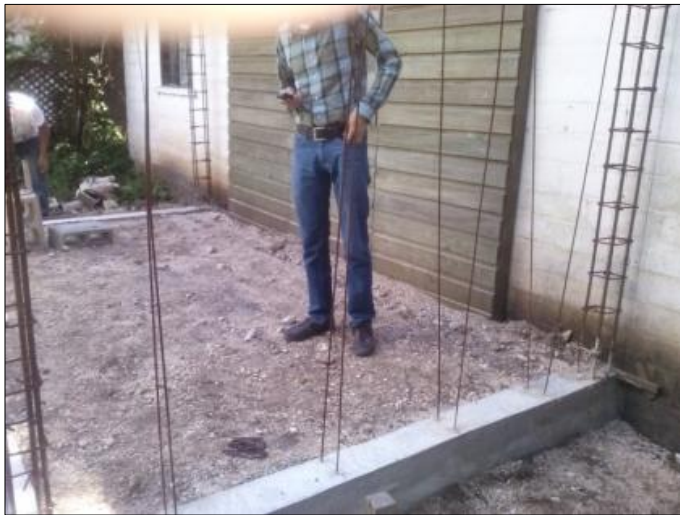
Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

2.9. Aplicación de núcleos CeNca para un sistema de construcción tipo emparedado

A continuación se describen los pasos implementados en la construcción de este tipo sistema.

- A. Para este proceso se funden pines junto a una solera de humedad, que ayudan a dar estabilidad al núcleo en su colocación. En la figura 94 se presenta la solera de humedad y los pines.

Figura 94. Solera de humedad y los pines



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- B. El refuerzo que se utilizó en la membranas fue malla electrosoldada de 6"x6", calibre de 3,43 mm. A cada malla electrosoldada se le colocó tapas de metal a una distancia de 30 centímetros, que funcionaran como separadores para obtener el espesor adecuado, tal como se aprecia en la figura 95.

Figura 95. **Sepadores de la malla electrosoldada**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- C. Se colocó una malla electrosoldada (ver figura 96), que sirvió para la colocación de los núcleos.

Figura 96. **Colocación de la primera malla electrosoldada**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- D. La colocación de los núcleos se realizó con dos personas, ya que se debe de poner primero en forma vertical para luego posicionarlo entre los pines (ver figura 97).

Figura 97. **Colocación de los núcleos**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- E. Se amarraron los dos pines con alambre para confinar el núcleo (ver figura 98).

Figura 98. **Amarre con el alambre los dos pines**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- F. Luego fueron colocados los demás núcleos y se chequeó que estuvieran a plomo (ver figura 99).

Figura 99. **Plomeado de cada núcleo**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- G. Se colocaron 6 filas de núcleos tipo "P", en la parte final se colocaron tipo "F" para darle la pendiente deseada en la construcción (ver figura 100).

Figura 100. **Colocación terminada de los núcleos**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- H. Se colocó la otra malla electrosoldada (ver figura 101), asegurándola a las columnas en los extremos.

Figura 101. **Colocación de la segunda malla electrosoldada**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- I. Se colocó un forjado, lo que ayuda a la adherencia entre los núcleos y mortero de las membranas

Figura 102. **Colocación del forjado**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- J. Se lanzó el mortero, de esta manera se asegura que esté bien adherido a los demás elementos. (ver figura 103)

Figura 103. **Lanzado del mortero**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

- K. Se colocaron en capas de aproximadamente un centímetro hasta que se obtuvo el grosor deseado. (ver figura 104)

Figura 104. **Colocación de la primera capa de mortero**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

L. En la figura 105 se puede observar el muro acabado.

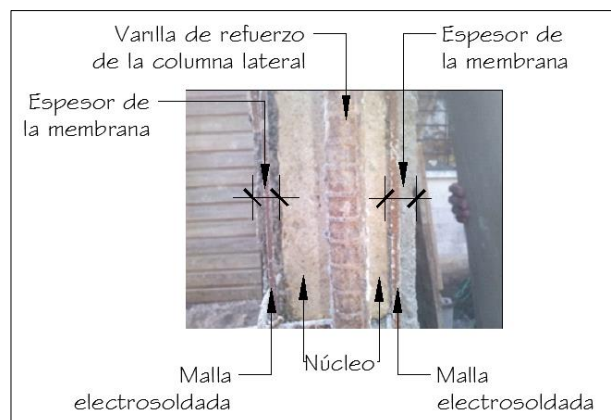
Figura 105. **Muro terminado**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

M. En la figura 106 se puede observar el nucleó cubierto con las dos membranas y la malla electrosoldada.

Figura 106. **Partes del sistema tipo emparedado**



Fuente: Sección de Ecomateriales. CII. USAC.

2.10. Análisis de resultados

En los tres diferentes tipos de núcleos CeNca se analizaron cada una de las muestras a través de los resultados obtenidos y la gráfica de carga *versus* deflexión o deformación, evolución de la elástica y su detalle de fallas.

2.10.1. Núcleo CeNca tipo “F”

Para obtener la fibra de caña de este núcleo debe contarse con una picadora mecánica, así también cabe mencionar el consumo de energía eléctrica y la construcción se debe hacer en un lugar en donde no se manipulen los núcleos por lo menos en los primeros veinte días, debido a la humedad y fragilidad que presentan en ese lapso de tiempo.

Es fundamental que para el secado se coloquen los núcleos de canto luego de cinco días de edad para que el secado sea uniforme en sus dos caras y obtener una mejor reacción del aglomerante en la parte interior del núcleo.

- Ensayo flexión

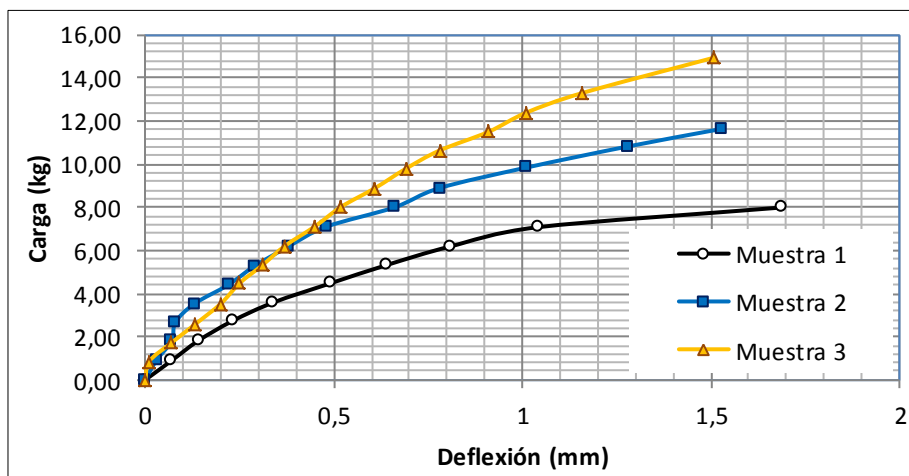
La deflexión en la carga de diseño en las muestras 2 y 3 es de 0,8 mm (ver figura 28 y 31), por lo cual en este tipo de núcleos la deflexión de diseño menor es de $L/1125$ (0,8 mm) y no la propuesta que era de $L/200$ (4,5 mm).

Las cargas últimas fueron 8,82 kg, 12,49 kg y 14,94 kg para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente. El promedio de estas cargas es 12,08 kg, con una desviación estándar 2,51 kg y un coeficiente de desviación de 20,81 %. Este coeficiente de desviación es muy grande debido al peso propio de los núcleos y sus dimensiones ya que en la muestra 3 se tiene una mayor anchura, lo cual

proporciona más inercia. Pero también influye la posición de la fibra en la parte central (crítica) del núcleo que no puede ser controlado en el proceso de elaboración, ya que si las fibras son colocadas en forma perpendicular a la línea de falla el núcleo podría aumentar su capacidad, caso contrario si las fibras están paralelas.

Todas las muestras soportaron la carga de diseño propuesta pero su falla es repentina y deja al núcleo inservible. En la figura 107 se puede observar que la deflexión de ruptura de los núcleos es de 1,5 mm.

Figura 107. **Gráfica carga versus deflexión, núcleos CeNCa tipo “F”**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Ensayo a compresión

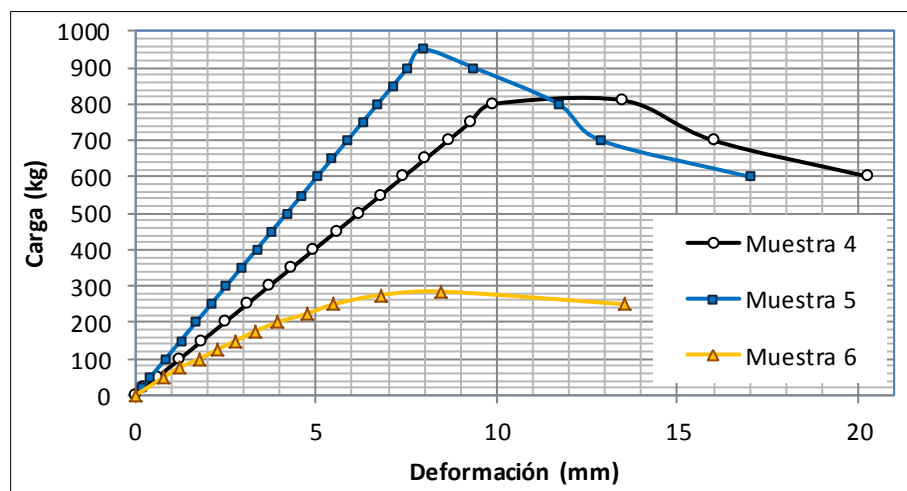
Se evaluaron las gráficas de deformación lateral de las tres muestras y se determinó que los núcleos se vuelven muy inestables cuando llegan a una

deformación lateral de 0,8 mm (ver figura 34, 35, 38, 39,42 y 43), pero siguen soportando carga sin ningún problema.

En las figuras 36 y 40 se puede observar que cuando se aplica la carga de diseño y se descarga queda una deformación permanente de 2 mm, lo cual significa que este tipo de núcleo ya no está trabajando sobre la zona elástica.

En el ensayo a compresión solo se evaluaron las muestra 4 y 5, ya que la 6 solo es una fracción de un núcleo. El promedio de carga última fue 880 kg, con una desviación estándar de 70 kg y un coeficiente de desviación de 7,95 % (ver figura 108). En este ensayo se obtuvo un coeficiente de desviación pequeño debido a que el tipo falla de los núcleos es muy similar (ver figura 37 y 41). La falla en las tres muestras fue un desgarre lateral que se debió a la mala adherencia del aglomerante y la fibra, ya que en la parte exterior tiene una buena consistencia.

Figura 108. **Gráfica carga versus deformación para las muestras**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

El esfuerzo máximo para este tipo de núcleos se situó en la franja de 0,8 kg/cm² y 1,2 kg/cm² con una deformación unitaria de 0,016 mm/mm y posterior a este se vuelve inciertos los datos como se puede observar en la figura 46, aunque el comportamiento según la gráfica no muestra fallas repentinas (frágiles).

2.10.2. Núcleo CeNCa tipo “P”

Para la elaboración de este núcleo no se involucran procesos donde sea necesaria energía eléctrica. El paquete se puede construir solo con herramientas básicas, por una sola persona y disminuye el peso del núcleo significativamente, así también debemos mencionar que las cañas transversales ayudan al núcleo cuando está solicitado a cargas de compresión, al igual que las longitudinales a flexión.

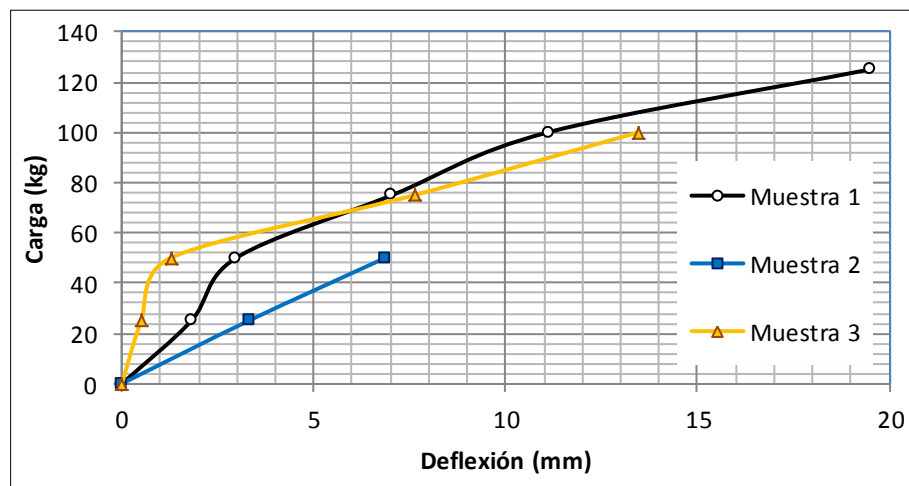
- **Ensayo a flexión**

En la muestra 1 (figuras 47, 49 y 51) cuando se aplica una carga de 11 kg equivalente a la carga de diseño y se descarga el núcleo no tiene ninguna deformación permanente, solo en el deformómetro 1 se experimentó una deflexión despreciable (0,01 mm). En esta muestra se volvió a cargar hasta la deflexión de diseño (4,5 mm) que fue de 37 kg, al descargar este núcleo tuvo una deflexión permanente de 3,78 mm en la parte central.

Las cargas máximas que se presentaron en este tipo de núcleo tuvieron un promedio de 110 kg, una desviación estándar de 24,83 kg y un coeficiente de desviación de 22,58 %. Este coeficiente de desviación se debió a una muestra que está por debajo del promedio y se dio en el paquete de cañas ya que en los núcleos de este tipo a flexión solo trabajó el paquete de cañas.

En la figura 50 del deformómetro 2 en la segunda y tercera carga se tiene una tendencia lineal hasta 25 kg, al igual que la muestra 2, pero en la muestra 3 a los 40 kg se vuelve una gráfica con datos dispersos. La muestra 3 se llegó a una carga máxima de 75 kg, la más baja de las tres muestras, pero no debemos aplicar más allá de su carga de diseño (11 kg) a flexión en este tipo de núcleos, ya que podría regresar a su estado natural y no presenta ningún tipo de falla. En la figura 109 se presentan la gráfica carga versus deflexión de las tres muestras ensayadas a flexión.

Figura 109. **Gráfica de carga versus deflexión, núcleos CeNca tipo “P”**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

En todos los núcleos las fallas fueron en el mortero y las cañas longitudinales no tuvieron ningún tipo de falla, por lo cual pueden ser utilizadas otra vez. Estas cañas mostraron que después que el mortero falla siguen trabajando por lo que tienen una gran tenacidad y esto quedó demostrado en una de las muestras que después de la falla del mortero se siguió aplicando carga y cuando llegó a 40 kg hubo una deflexión de 5 cm.

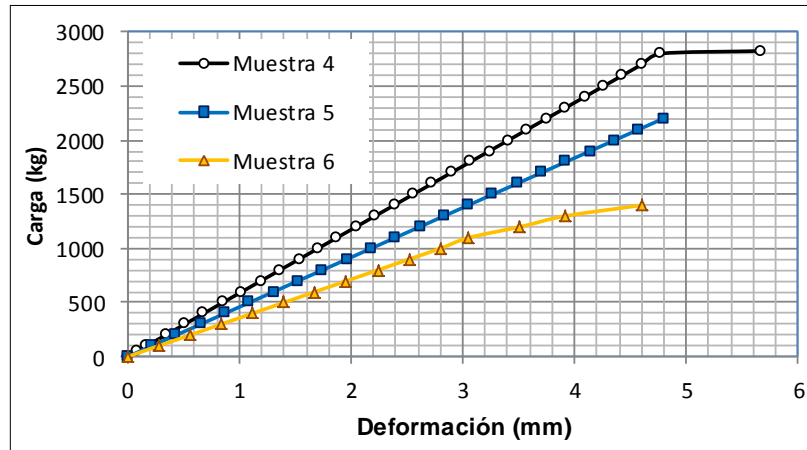
- Ensayo a compresión

En la deformación lateral de la muestra 4 en la figura 62 se puede observar tanto en carga y descarga sigue aumentando la deformación y en un punto tiene un salto muy grande cuando marca una carga de 1500 kg. En la muestra 5, figura 66 en la línea de carga mínima la deformación es más grande respecto a la carga y en la muestra 6 se da el mismo fenómeno encima de 1200 kg de carga. Entonces arriba de estas cargas se tiene un comportamiento de los núcleos muy inestable.

Las muestras en la carga de diseño (225 kg) mostraron una deformación máxima 1,60 mm que son deformaciones aceptables que no afectan en el sistema constructivo.

Respecto a las cargas máximas en el ensayo a compresión se tuvo un promedio 2168,33 kg, desviación estándar de 587,09 y coeficiente de variación de 27,08 % (ver figura 110). Esto se debe a la muestra 6, su baja carga se debe a una excentricidad en el ensayo provocado por el equipo utilizado. La falla obtenida en este tipo de núcleo se da en el mortero en las caras principales y de compresión en los extremos de las caña, fallaron 27, 13, 8 cañas para las muestra 4, 5 y 6 respectivamente que se demuestra en la carga máxima de cada uno. El esfuerzo máximo para este tipo de núcleo fue de 1,40 kg/cm².

Figura 110. **Gráfica carga versus deformación núcleo tipo “P”**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

2.10.3. Núcleo CeNca tipo “T”

Este núcleo fue construido solo con herramientas básicas, el trabajo para su elaboración es muy laborioso, pero al usar los materiales de esta manera se pueden aprovechar las características de los materiales para las cargas solicitadas. Así también, el peso de este núcleo puede ser disminuido con la colocación de cañas transversales que también pueden ser un refuerzo extra a compresión.

- Ensayo a flexión

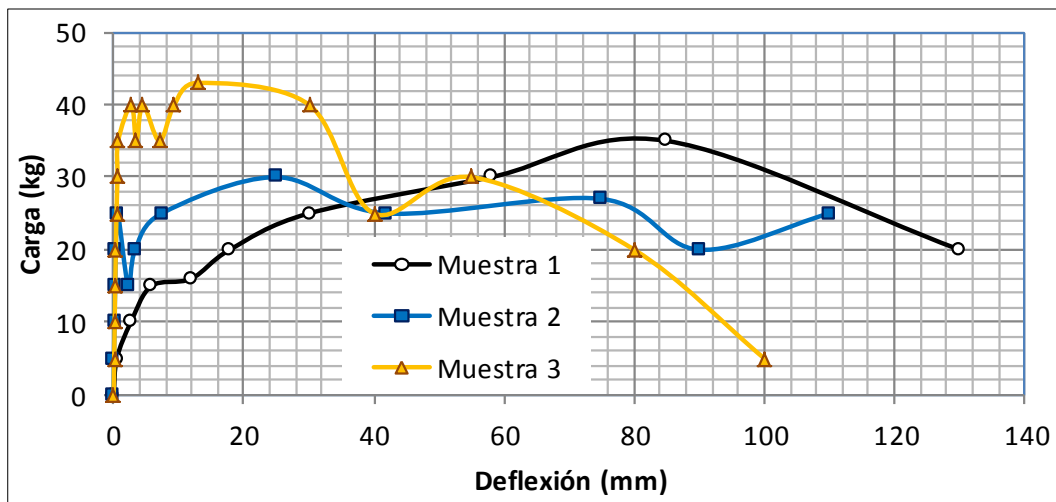
Por las tiras que conforman este núcleo, tiene una gran capacidad de deflexión sin colapsar. En la muestra 1 se dio una carga máxima de 35 kg con una deflexión de 85 mm, en esta muestra los datos se vuelven dispersos cuando sobre pasa una carga de 10 kg mientras que en la muestra 2 y 3 cuando llega a una carga de 20 kg como se observa en las figuras 73, 76 y 80

dada por falla del mortero y solo las fibras ayudan a que el núcleo se defleccione con cargas menores.

Las cargas máximas en los núcleos tuvieron un promedio de 36 kg, desviación estándar de 5,35 kg y coeficiente de desviación de 27,08 %. En este caso se debió a la resistencia a tensión del mortero que es muy variable y también por las grietas que aparecieron en cada una de muestras.

La carga de diseño en los núcleos es de 15 kg pero no se deben aplicar cargas mayores a 10 kg, ya que se puede observar las gráficas de carga versus deflexión pierden su linealidad y la gran cantidad de energía en la zona de 10 mm a 120 mm de deflexión (ver figura 111).

Figura 111. **Gráfica carga versus deflexión núcleos tipo “T”**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Ensayo a compresión

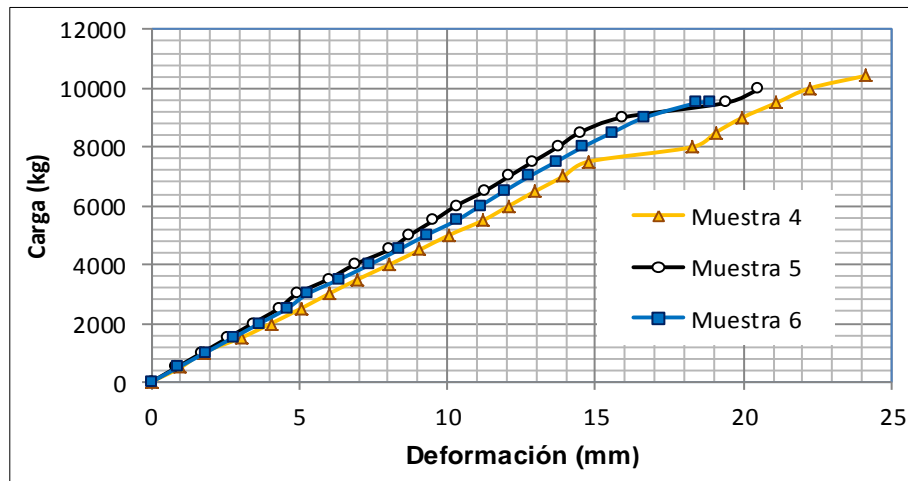
En la figura 91 de la deformación lateral de la muestra 6 es la más representativa de las tres muestras, cuando se descarga y se vuelve a cargar tiene un acomodamiento pero después de 0,4 mm de deformación su tendencia es de deformaciones más grandes en una carga de 8000 kg.

Para todas las muestras al llegar a la carga de 375 kg queda una deformación de 6,86 mm y al descargar tiene una carga permanente por lo cual este tipo de núcleos ya no está trabajando en la zona elástica. En las figuras 85, 88 y 91 se puede observar que la curva carga deformación tiene una forma de s que se puede explicar por medio del acomodamiento de los materiales ya que las cañas podrían haber empezado a trabajar arriba de los 2000 kg.

Los núcleos soportaron arriba de 9550 kg con deformaciones de 20 mm (ver figura 112). Este tipo de núcleo posee promedio de carga máxima de 9970 kg, una desviación estándar de 371,57 kg y con coeficiente de desviación de 3,73 %, menor que los demás tipos y los datos de cualquiera de las muestras pueden ser confiables y no se debe de aplicar una carga mayor a la de diseño.

Las fallas que muestran este tipo de núcleos son en el mortero pero nunca se tiene una falla repentina y en el caso de las cañas tienen una falla de pandeo y compresión por lo cual las cañas contribuyen significativamente en la aplicación de carga. El esfuerzo máximo que presentó este tipo de núcleos fue de 11,56 kg/cm² como se observa en la figura 93.

Figura 112. Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo “T”



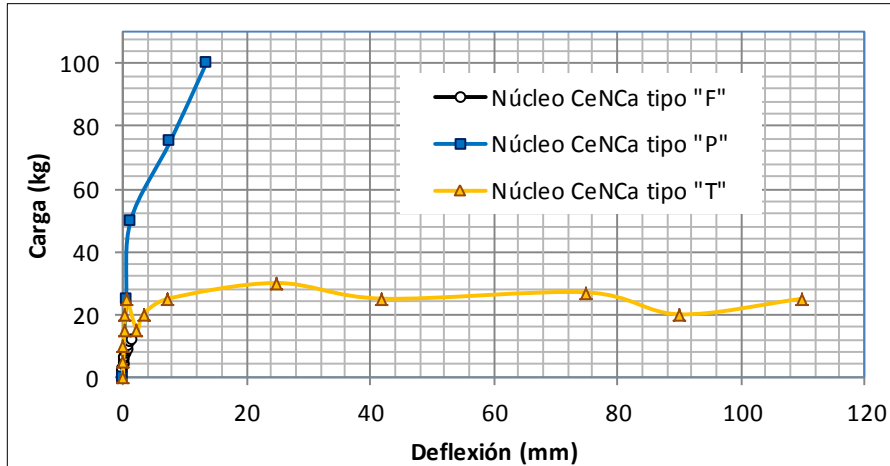
Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Comparación de los tres tipos de núcleos

En la figura 113 se presentan la gráfica carga *versus* deflexión de cada uno de los tipos de núcleo experimentales, de donde se escogió la más representativa de las tres muestras. La muestra del núcleo tipo “P” fue la mejor en resistencia y una gran capacidad de absorber energía, pero la muestra tipo “T” solo presentó una cantidad grande de energía absorbida, en esto dos tipos no se tuvo una falla repentina en cambio en la muestra del tipo “F” si se tuvo una falla de este tipo y además tiene muy poca capacidad de carga.

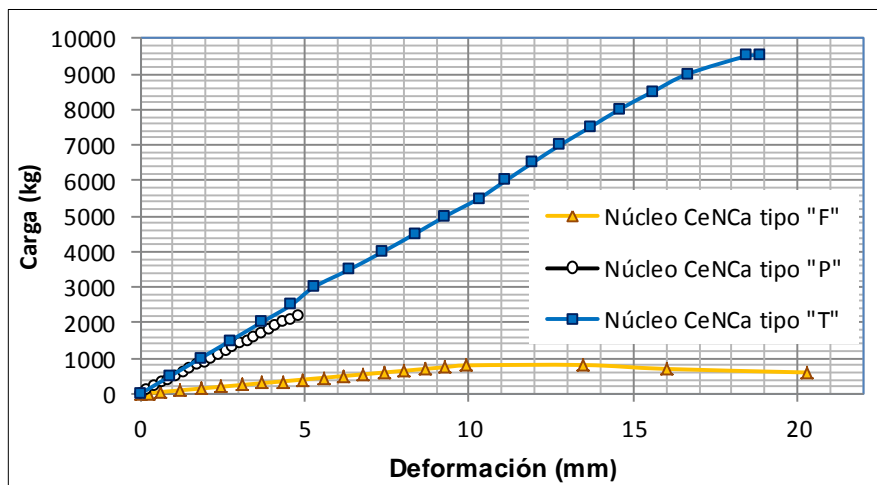
En el ensayo a compresión la mejor muestra fue el tipo “T” y la que presentó menor capacidad de carga fue la del tipo “F” pero las tres muestras cumplieron con la carga de diseño (ver figura 114). En ninguno de los casos se obtuvo una falla repentina.

Figura 113. **Gráfica carga versus deflexión, ensayo de flexión para los tres tipos de núcleos**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

Figura 114. **Gráfica carga versus deformación, ensayo de compresión para los tres tipos de núcleos**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

El núcleo que cumplió todas las especificaciones de carga en el ensayo a compresión y flexión y de peso fue el núcleo tipo "P". El único inconveniente para el núcleo tipo "T" es el peso, que fue de 30 kg pero se puede disminuir con la colocación de más cañas transversales.

- Evaluación de la construcción del muro tipo emparedado

La construcción del muro se realizó en dos días. En el primer día se colocaron los núcleos y el forjado en el muro y en el segundo día se colocó el mortero de la membrana. Esto significa que se puede disminuir el tiempo de construcción de una vivienda utilizando este tipo de sistema.

El método constructivo para este tipo de sistema muy fácil, utilizando herramientas convencionales de otros sistemas de construcción. La malla electrosoldada utilizada en la membrana puede ser sustituida por otra de mayor espaciamiento. En el mortero se pueden utilizar aglomerante con resistencias menores como CCP. Todo esto podría reducir el costo de una vivienda significativamente.

CONCLUSIONES

1. Las investigaciones de las puzolanas han demostrado que en la mayoría de los bancos examinados tienen buenas características para la utilización de aglomerante en combinación con la cal. Estos aglomerantes naturales pueden sustituir el cemento Portland en elementos donde la resistencia necesaria no es grande, así también para reducir el costo en la construcción.
2. Los arena pómez mezclada con el aglomerante natural tiene poca adherencia y la utilización de limos y arcillas para mejorar la mezcla, da resultados negativos en las características evaluadas, sobre todo en la consistencia. Por otra parte, la puzolana como agregado demostró tener las características necesarias de trabajabilidad, consistencia y distribución de agregado llegando a una resistencia promedio de 25 kg/cm².
3. En la fibra de caña maíz se obtiene un tipo de agregado que en su mayor parte es la medula esponjosa que constituye la parte interna de la caña, que tiene una densidad muy baja y por lo tanto disminuye el peso de núcleo. Para disminuir el peso de los núcleos la mejor opción es el paquete de cañas por el escaso recubrimiento de mortero. En el refuerzo del núcleo tipo "T" solo las cañas transversales disminuyen el peso, mientras que el volumen sobrante es ocupado por el mortero por lo cual se obtiene un núcleo muy pesado.

4. Para obtener la fibra de caña se debe utilizar energía eléctrica y un medio para procesarla, por lo cual no puede ser usada en lugares de bajos recursos. Para construir el paquete de cañas en el núcleo tipo “P” solo se necesitan herramientas muy básicas y para obtener las cañas solo se deben limpiar (quitar hojas). En el núcleo tipo “T” el único material industrializado utilizado es el alambre galvanizado pero le da una gran ventaja para construir el refuerzo de tiras y cañas de maíz.
5. Se construyeron y evaluaron tres tipos de núcleos. La construcción de los núcleos es factible, porque el proceso es muy simple. Todos los núcleos soportaron las cargas de diseño, en el caso del ensayo de compresión se obtuvieron deformaciones que pueden ser despreciable en el proceso del sistema constructivo. También las cañas ayudaron a disminuir el peso del núcleo y contribuyeron a la resistencia del núcleo.
6. El sistema tipo emparedado disminuye el tiempo de la construcción comparado con otros sistemas convencionales. Los materiales utilizados en la membrana son acero y cemento que elevan costo de la construcción, pero pueden ser sustituidos por materiales híbridos como barras de castilla.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar puzolanas de los bancos identificados ya que si se utiliza de otros bancos pueden que no se tengan las características deseadas para ser utilizado como aglomerante. Para obtener mejores resultados a compresión se recomienda experimentar con 5 % de cemento Portland del peso del aglomerante.
2. Utilizar más aglomerante en la proporción usada para los núcleos, para obtener mayor resistencia en los morteros.
3. Para disminuir el peso en los núcleos tipo "P", ya que no se puede dejar un menor recubrimiento de mortero, se recomienda construir un paquete de cañas más grande y en el caso de núcleo tipo "T" se puede disminuir el peso utilizando más cañas transversales que de alguna manera también mejora la resistencia a compresión.
4. El núcleo que se recomienda utilizar es el tipo "P" porque no requiere materiales caros y algún proceso externo para obtenerlo más que solo herramientas básicas. También este tipo de núcleo cumple con los requerimientos impuestos como la baja densidad y sus cargas de diseño tanto a flexión como a compresión. Este tipo de núcleo favorece el fomento de trabajo intensivo no especializado, significando una fuente de trabajo en ares rurales.

5. Si se desea utilizar los núcleos a cargas mayores a su carga de diseño se deben mejorar los materiales que se están utilizando. En este caso se puede mejorar la resistencia de mortero o utilizar otro tipo de caña con una mayor resistencia a compresión. Por otro lado se recomienda evaluar muros a escala natural tipo emparedado a compresión, flexión, corte e impacto utilizando este tipo de núcleos para evaluar las propiedades mecánicas de los elementos del sistema constructivo.

6. Posterior a la determinación del comportamiento del sistema tipo emparedado utilizando los núcleos recomendados, se sugiere construir un prototipo de vivienda mínima con el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anacafé. *Cultivo de maíz*. Programa de diversificación de ingresos de la empresa cafetalera. Guatemala: agosto 2004. [en línea]. <<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.htm>> [Consulta: 13 de agosto de 2004].
2. BAUTISTA GALLARDO, Pablo José. *Determinación del índice de reactividad mecánica de 18 muestras de materiales volcánicos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 153 p.
3. BEDOYA-RUIZ, Daniel. *Experiencias sobre residuos agro-industriales en la construcción de vivienda de ferrocemento*. Universidad Nacional de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, Manizales, Colombia.
4. _____.; ÁLVAREZ MARÍN, Diego André; ORTIZ-GARCÍA, Gilberto Alejandro. *Comportamiento sísmico de muros de ferrocemento*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
5. _____.; ALDANA BARRERA, Juan; ÁVILA VÉLEZ, Leonardo. *Paneles de material compuesto: material vegetal y ferrocemento*. Universidad Nacional de Colombia.

6. COMERCIALIZADORA ACEROMUNDO. *Ventajas del panel sándwich* [en línea]. <<http://aceromundo.com.mx/panel-sandwich/>> [Consulta: 11 de abril de 2014].
7. CORZO DARDÓN, Claudia Carolina. *Evaluación de las reacciones de hidratación y puzolánica del cemento Portland con incorporación de puzolana natural y cal mediante termogravimetría y microscopía electrónica de barrido*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 199 p.
8. DAETZ ANLEU, Oswaldo Antonio. *Diagnóstico de la industria de la cal en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1991. 56 p.
9. LÓPEZ, Mario Roberto; VAN ETTEN, Jacob; ORTEGA, Álvaro; VIVERO, José Luis. *Maíz para Guatemala*. 2005. 135 p.
10. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Dirección de Planeamiento. Informe Actualizado del Maíz Blanco. Guatemala junio 2012. 21 p.
11. OCHOA MARROQUÍN, Luis Alfredo. *Caracterización geológica y física de 8 muestras de puzolanas de origen volcánico de la región del occidente de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 136 p.

12. QUIÑONEZ, Francisco. *Estado del arte de puzolanas naturales volcánicas como adiciones activas en la producción de cementos. Guatemala: Centro de Investigaciones de Ingeniería, 2010. 95 p.*

13. ROSALES RIVAS, Víctor Rafael. *Geología y caracterización de puzolanas en la zona oriental de Guatemala.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 150 p.

APÉNDICES

- Cálculo de carga de diseño, mínima y máxima para ensayo a compresión de núcleos CeNCa tipo “P”.

Datos de ensayo a compresión del mortero

Muestra	Carga a primera grieta	Carga máxima	Área	Resistencia
	kg	kg	cm ²	kg/cm ²
4	610	610	25	24,4
5	470	625	25	25,0
6	475	655	25	26,2

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Para la carga por caña en trabajo de graduación de Werner Chic se aplicó carga a cañas para diferentes longitudes y se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P = 42\,296L^{-1,713}$$

P en kilogramos

L en centímetros

La longitud de nuestra caña a evaluar tiene una longitud de 25 cm y se obtiene una carga de 170,46 kg.

Datos de carga de diseño, máxima y mínima

Muestra	Peso	Carga Diseño	Area caña	Número de cañas	Area total	Carga mínima	Carga por	Carga máxima
	kg	kg	cm ²	transversales	cm ²	kg	caña	kg
4	17,80	214	4,91	30	147,30	1 797	170,46	5 114
5	17,44	209	4,91	30	147,30	1 841	170,46	5 114
6	19,73	237	4,91	30	147,30	1 930	170,46	5 114

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

- Ejemplo cálculo carga de diseño para muestra 4

Esta carga está dada por el número de núcleos que son necesarios para alcanzar una altura de 2,40 m.

$$Carga\ Diseño = 12 * peso\ del\ núcleo$$

$$Carga\ Diseño = 12 * 17,800\ kg$$

$$Carga\ Diseño = 214\ kg$$

- Ejemplo cálculo carga mínima para muestra 4

$$Carga\ Mínima = 0,5 * Área\ del\ mortero * resistencia\ del\ mortero$$

El área de mortero es la que se encuentra encima de caña porque es donde va trabajar efectivamente el mortero.

$$Área\ del\ mortero = \#\ de\ cañas\ transversales * área\ de\ cada\ caña$$

Para el cálculo del área de las cañas se tomó un diámetro promedio de 2,5 cm.

$$área\ de\ cada\ caña = \frac{\pi}{4} \phi$$

$$área\ de\ cada\ caña = \frac{\pi}{4} (2,5\ cm)^2$$

$$área\ de\ cada\ caña = 4,91\ cm^2$$

$$Área\ del\ mortero = 30 * 4,91\ cm^2$$

$$Área\ del\ mortero = 147,3\ cm^2$$

$$Carga\ Mínima = 0,5 * 147,3\ cm^2 * 24,4\ kg/cm^2$$

$$Carga\ Mínima = 1\ 797\ kg$$

- Ejemplo cálculo carga máxima para muestra 4

Esta carga está dada por las cañas ya que si llegaran a trabajar efectivamente podrían llegar a esta carga.

$$\text{Carga Máxima} = \# \text{ de cañas transversales} * \text{carga por caña}$$

$$\text{Carga Máxima} = 30 * 170,46 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Máxima} = 5 113,8 \text{ kg}$$

- Cálculo de carga diseño, mínima y máxima para ensayo a compresión de núcleos CeNca tipo “T”

Para el cálculo de este tipo de núcleo es similar al del núcleo CeNca tipo “P”, solo cambiando 34 cañas transversales y se debe de calcular la carga a compresión de cada caña como la longitud es de 28 cm entonces se tiene una carga a compresión por caña de 140,38 kg

Datos ensayo a compresión del mortero

Muestra	Carga a primera grieta kg	Carga máxima kg	Área cm ²	Resistencia kg/cm ²
4	425	635	25	25,4
5	510	560	25	22,4
6	410	650	25	26,0

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Datos de carga de diseño, máxima y mínima

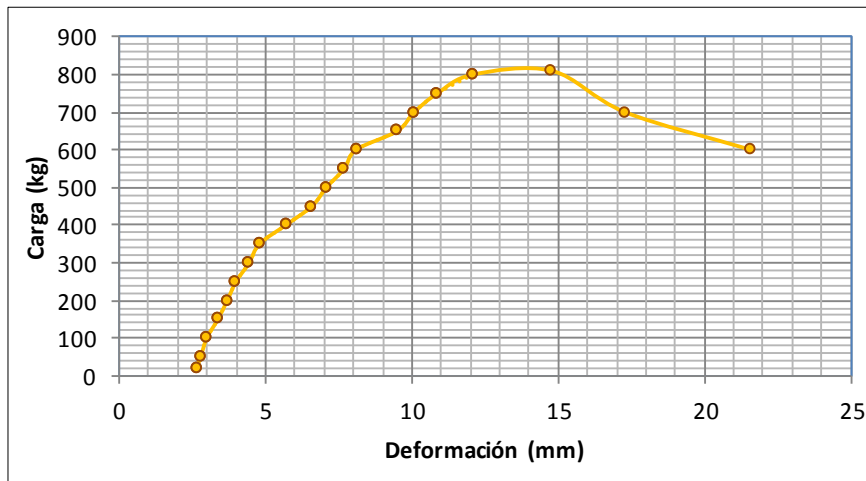
Muestra	Peso kg	Carga Diseño kg	Area caña cm ²	Número de cañas transversales	Area mortero cm ²	Carga mínima kg	Carga por caña	Carga máxima kg
4	30,20	362	4,91	34	166,94	2 120	140,38	4 773
5	30,20	362	4,91	34	166,94	1 870	140,38	4 773
6	30,20	362	4,91	34	166,94	2 170	140,38	4 773

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Corrección de datos de deformación del ensayo a compresión

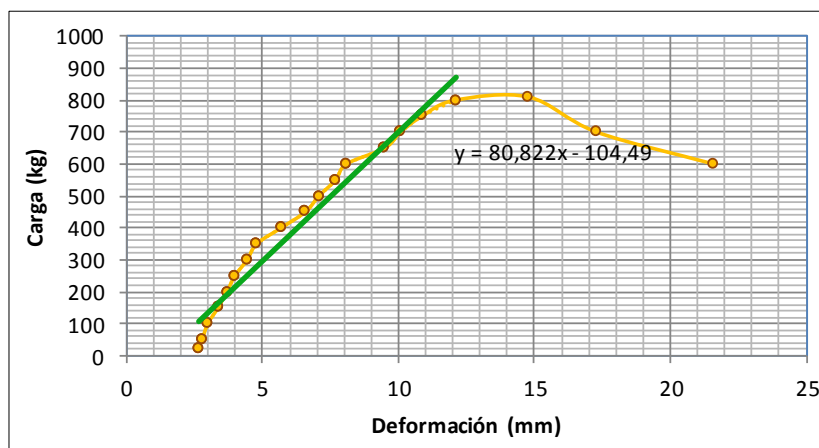
Núcleo tipo "F" muestra 4

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo "F" muestra 4



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo "F" muestra 4



Fuente: elaboración propia, con el programa de Excel

- Ejemplo de cálculo de corrección datos de deformación en el ensayo a compresión.

1) Para obtener Δc se utiliza la ecuación:

$$y = 80,822x - 104,49$$

donde:

$$y = \text{carga aplicada en kg}$$

$$x = \text{deformación corregida en mm } (\Delta c)$$

$$x = 0,0124y + 1,29$$

Para una carga de 0 kg

$$x = 0,0124(0) + 1,29$$

$$x = 1,29$$

2) Δo son todos los datos de deformación desde cero. Se obtiene de $\Delta o = \Delta c - 1,29$, donde 1,29 mm es la medición de la deformación en la carga cero.

$$\Delta o = 1,29 - 1,29$$

$$\Delta o = 0 \text{ mm}$$

3) Para obtener el esfuerzo y deformación unitaria se utilizaron las dimensiones promedio de cada núcleo.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta o}{\text{Altura}}$$

Para la muestra 4 y carga 50 kg es:

$$\sigma = \frac{50 \text{ kg}}{(8,2 \text{ cm})(99,9 \text{ cm})} = 0,0610 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon = \frac{0,62 \text{ mm}}{305 \text{ mm}} = 0,0020 \text{ mm/mm}$$

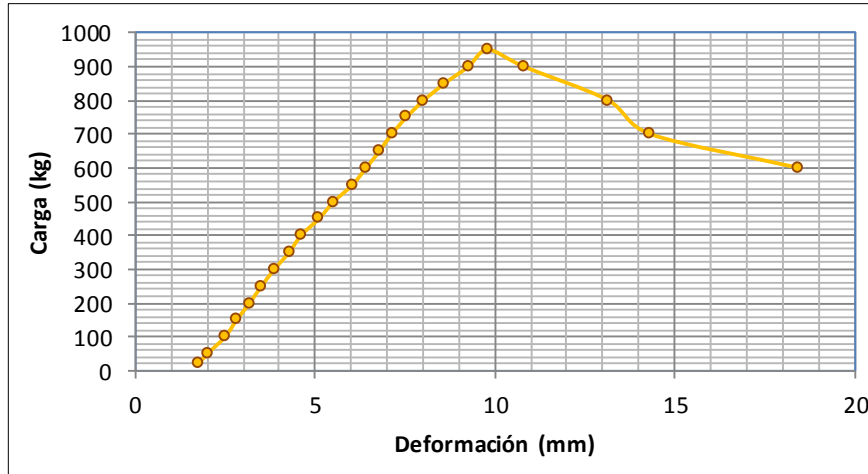
Tabla con datos corregidos, núcleo tipo "F" muestra 4

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm²	mm/mm
0	2,45	1,29	0,00	0,0000	0,0000
20	2,64	1,54	0,25	0,0244	0,0008
50	2,78	1,91	0,62	0,0610	0,0020
100	2,99	2,53	1,24	0,1221	0,0041
150	3,37	3,15	1,86	0,1831	0,0061
200	3,69	3,77	2,47	0,2441	0,0081
250	3,99	4,39	3,09	0,3052	0,0101
300	4,44	5,00	3,71	0,3662	0,0122
350	4,79	5,62	4,33	0,4273	0,0142
400	5,69	6,24	4,95	0,4883	0,0162
450	6,58	6,86	5,57	0,5493	0,0183
500	7,08	7,48	6,19	0,6104	0,0203
550	7,69	8,10	6,81	0,6714	0,0223
600	8,09	8,72	7,42	0,7324	0,0243
650	9,50	9,34	8,04	0,7935	0,0264
700	10,08	9,95	8,66	0,8545	0,0284
750	10,87	10,57	9,28	0,9155	0,0304
800	12,09	11,19	9,90	0,9766	0,0325
810	14,78	14,78	13,49	0,9888	0,0442
700	17,29	17,29	16,00	0,8545	0,0525
600	21,59	21,59	20,30	0,7324	0,0666

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Núcleo tipo "F" muestra 5

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo "F" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo "F" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

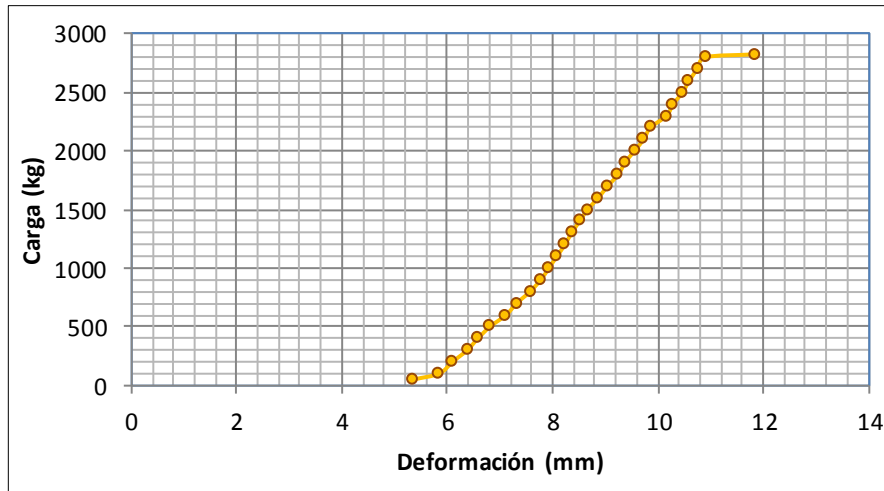
Tabla con corrección de datos, núcleo tipo “F” muestra 5

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm²	mm/mm
0	-	1,45	0,00	0,0000	0,0000
20	1,76	1,62	0,17	0,0235	0,0006
50	2,01	1,87	0,42	0,0588	0,0014
100	2,50	2,29	0,84	0,1176	0,0028
150	2,82	2,71	1,26	0,1765	0,0042
200	3,18	3,13	1,68	0,2353	0,0055
250	3,51	3,54	2,09	0,2941	0,0069
300	3,87	3,96	2,51	0,3529	0,0083
350	4,28	4,38	2,93	0,4118	0,0097
400	4,61	4,80	3,35	0,4706	0,0111
450	5,11	5,22	3,77	0,5294	0,0125
500	5,52	5,64	4,19	0,5882	0,0139
550	6,04	6,06	4,61	0,6471	0,0153
600	6,42	6,48	5,03	0,7059	0,0167
650	6,79	6,90	5,45	0,7647	0,0180
700	7,13	7,32	5,87	0,8235	0,0194
750	7,54	7,74	6,29	0,8824	0,0208
800	8,02	8,16	6,71	0,9412	0,0222
850	8,60	8,57	7,12	1,0000	0,0236
900	9,26	8,99	7,54	1,0588	0,0250
950	9,81	9,41	7,96	1,1176	0,0264
900	10,81	10,81	9,36	1,0588	0,0310
800	13,16	13,16	11,71	0,9412	0,0388
700	14,33	14,33	12,88	0,8235	0,0426
600	18,46	18,46	17,01	0,7059	0,0563

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

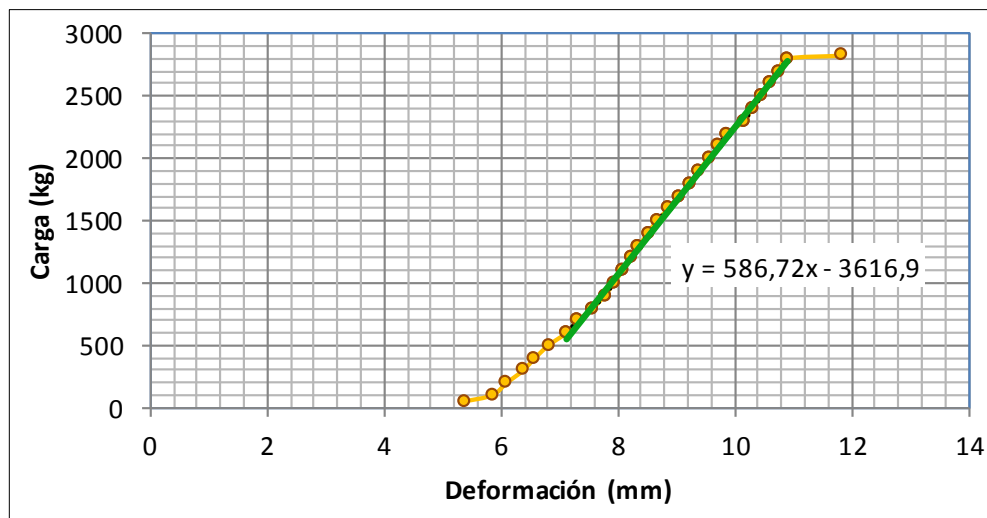
Núcleo tipo "P" muestra 4

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo "P" muestra 4



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo "P" muestra 4



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

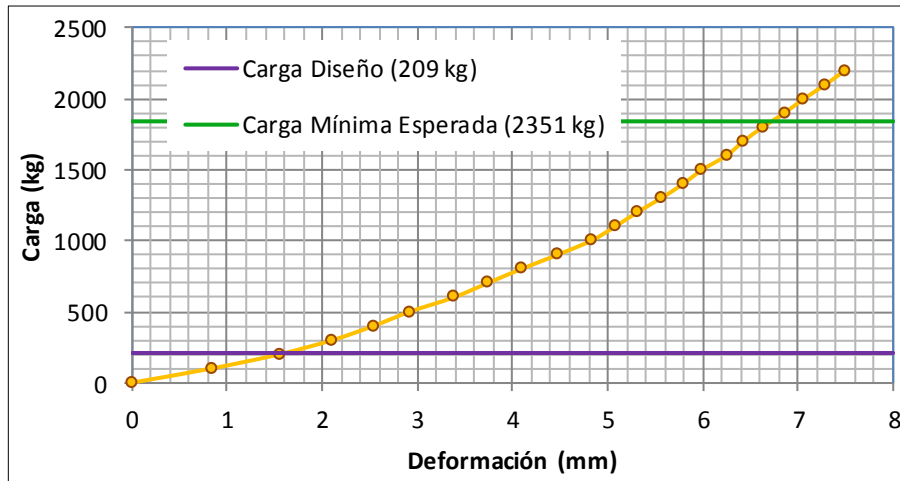
Tabla con corrección de datos, núcleo tipo “P” muestra 4

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm²	mm/mm
0		6,16	0,00	0,0000	0,0000
50	5,36	6,25	0,09	0,0605	0,0003
100	5,85	6,34	0,17	0,1210	0,0006
200	6,10	6,51	0,34	0,2419	0,0011
300	6,38	6,68	0,51	0,3629	0,0017
400	6,58	6,85	0,68	0,4839	0,0022
500	6,81	7,02	0,85	0,6048	0,0028
600	7,12	7,19	1,02	0,7258	0,0034
700	7,32	7,36	1,19	0,8468	0,0039
800	7,57	7,53	1,36	0,9677	0,0045
900	7,78	7,70	1,53	1,0887	0,0050
1 000	7,93	7,87	1,70	1,2097	0,0056
1 100	8,08	8,04	1,87	1,3306	0,0062
1 200	8,23	8,21	2,05	1,4516	0,0067
1 300	8,36	8,38	2,22	1,5726	0,0073
1 400	8,51	8,55	2,39	1,6935	0,0078
1 500	8,67	8,72	2,56	1,8145	0,0084
1 600	8,87	8,89	2,73	1,9355	0,0090
1 700	9,05	9,06	2,90	2,0564	0,0095
1 800	9,25	9,23	3,07	2,1774	0,0101
1 900	9,38	9,40	3,24	2,2984	0,0107
2 000	9,55	9,57	3,41	2,4193	0,0112
2 100	9,73	9,74	3,58	2,5403	0,0118
2 200	9,86	9,91	3,75	2,6612	0,0123
2 300	10,16	10,08	3,92	2,7822	0,0129
2 400	10,29	10,26	4,09	2,9032	0,0135
2 500	10,47	10,43	4,26	3,0241	0,0140
2 600	10,60	10,60	4,43	3,1451	0,0146
2 700	10,75	10,77	4,60	3,2661	0,0151
2 800	10,90	10,94	4,77	3,3870	0,0157
2 825	11,84	11,84	5,68	3,4173	0,0187

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

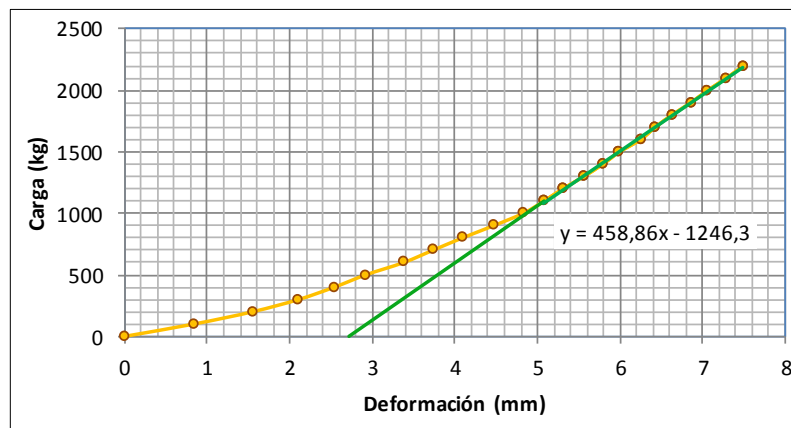
Núcleo tipo "P" muestra 5

Gráfica carga versus deformación núcleo tipo "P" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con el programa de Excel

Gráfica carga versus deformación con línea de tendencia núcleo tipo "P" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

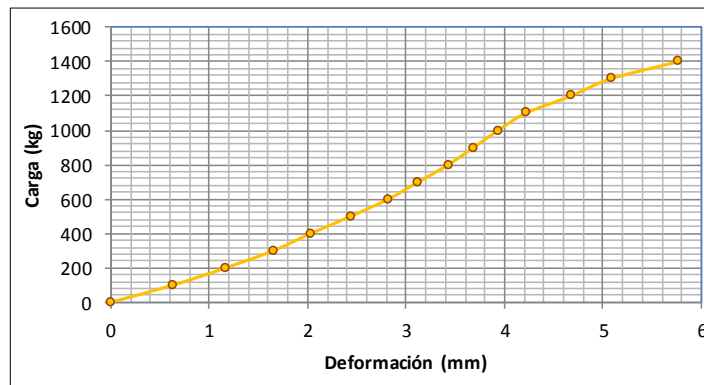
Tabla con corrección de datos, tipo "P" muestra 5

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm²	mm/mm
0	0	0	0	0	0
100	0,84	2,93	0,22	0,1205	0,0007
200	1,55	3,15	0,44	0,2410	0,0014
300	2,11	3,37	0,65	0,3614	0,0021
400	2,54	3,59	0,87	0,4819	0,0029
500	2,92	3,81	1,09	0,6024	0,0036
600	3,38	4,02	1,31	0,7229	0,0043
700	3,73	4,24	1,53	0,8434	0,0050
800	4,09	4,46	1,74	0,9639	0,0057
900	4,47	4,68	1,96	1,0843	0,0064
1 000	4,83	4,90	2,18	1,2048	0,0071
1 100	5,08	5,11	2,40	1,3253	0,0079
1 200	5,31	5,33	2,62	1,4458	0,0086
1 300	5,56	5,55	2,83	1,5663	0,0093
1 400	5,79	5,77	3,05	1,6867	0,0100
1 500	5,99	5,99	3,27	1,8072	0,0107
1 600	6,25	6,20	3,49	1,9277	0,0114
1 700	6,43	6,42	3,70	2,0482	0,0121
1 800	6,63	6,64	3,92	2,1687	0,0129
1 900	6,86	6,86	4,14	2,2892	0,0136
2 000	7,06	7,07	4,36	2,4096	0,0143
2 100	7,29	7,29	4,58	2,5301	0,0150
2 200	7,49	7,51	4,79	2,6506	0,0157

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

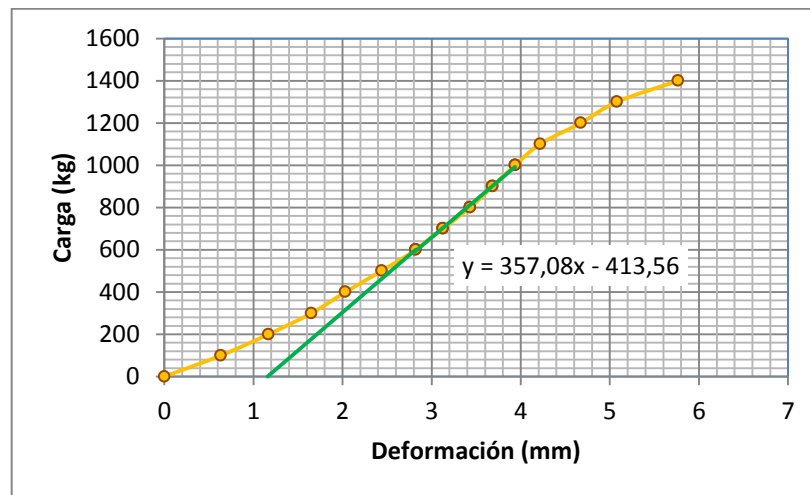
Núcleo tipo "P" muestra 6

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo "P" muestra 6



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo "P" muestra 6



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

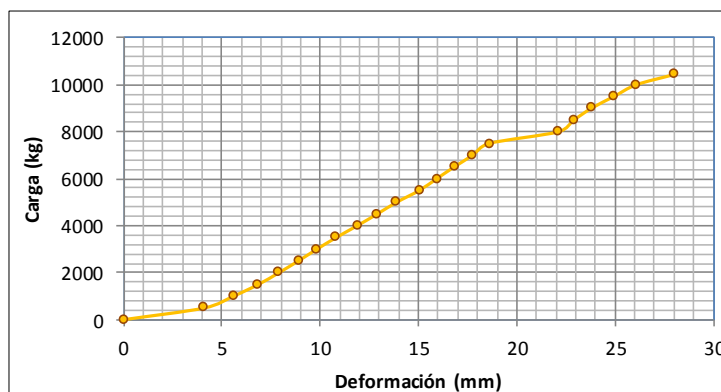
Tabla con corrección de datos, tipo “P” muestra 6

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm ²	mm/mm
0	0	1,16	0,00	0,0000	0,0000
100	0,64	1,44	0,28	0,1251	0,0009
200	1,17	1,72	0,56	0,2503	0,0018
300	1,65	2,00	0,84	0,3754	0,0028
400	2,03	2,28	1,12	0,5005	0,0037
500	2,44	2,56	1,40	0,6256	0,0046
600	2,82	2,84	1,68	0,7508	0,0055
700	3,12	3,12	1,96	0,8759	0,0064
800	3,43	3,40	2,24	1,0010	0,0074
900	3,68	3,68	2,52	1,1261	0,0083
1 000	3,94	3,96	2,80	1,2513	0,0092
1 100	4,22	4,22	3,06	1,3764	0,0101
1 200	4,67	4,67	3,51	1,5015	0,0116
1 300	5,08	5,08	3,92	1,6266	0,0129
1 400	5,77	5,77	4,61	1,7518	0,0152

Fuente: elaboración propia, con programa Excel

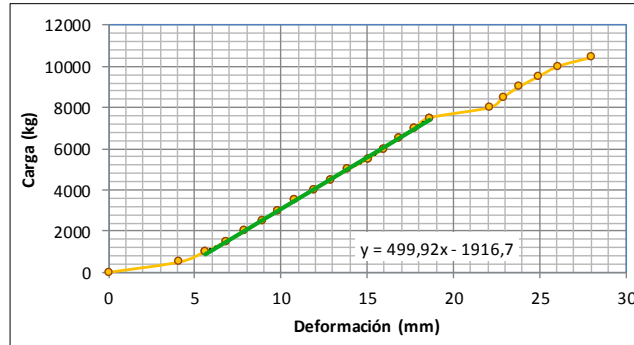
Núcleo tipo “T” muestra 4

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo “T” muestra 4



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo “T”
muestra 4



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

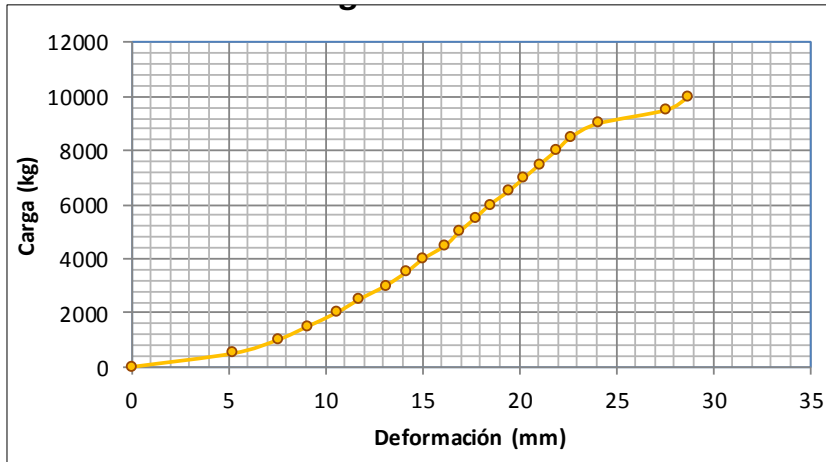
Tabla con corrección de datos, núcleo tipo “T” muestra 4

Carga kg	Δ mm	Δc mm	Δo mm	σ kg/cm ²	ϵ mm/mm
0	0	3,83	0,00	0,000	0,000
500	4,1148	4,83	1,00	0,610	0,003
1 000	5,588	5,59	1,75	1,221	0,006
1 500	6,858	6,86	3,02	1,831	0,010
2 000	7,8994	7,90	4,07	2,441	0,013
2 500	8,89	8,89	5,06	3,052	0,017
3 000	9,8298	9,83	6,00	3,662	0,020
3 500	10,8204	10,82	6,99	4,273	0,023
4 000	11,8872	11,89	8,05	4,883	0,026
4 500	12,9032	12,90	9,07	5,493	0,030
5 000	13,8938	13,89	10,06	6,104	0,033
5 500	15,0368	15,04	11,20	6,714	0,037
6 000	15,9258	15,93	12,09	7,324	0,040
6 500	16,8148	16,81	12,98	7,935	0,043
7 000	17,7546	17,75	13,92	8,545	0,046
7 500	18,5928	18,59	14,76	9,155	0,048
8 000	22,1234	22,12	18,29	9,766	0,060
8 500	22,9108	22,91	19,08	10,376	0,063
9 000	23,7998	23,80	19,97	10,987	0,065
9 500	24,9428	24,94	21,11	11,597	0,069
10 000	26,0858	26,09	22,25	12,207	0,073
10 430	27,9908	27,99	24,16	12,732	0,079

Fuente: elaboración propia, con el programa de Excel

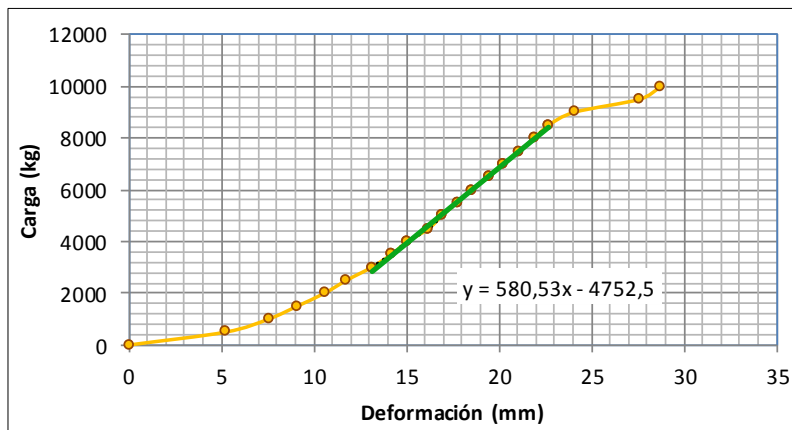
Núcleo tipo "T" muestra 5

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo "T" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo "T" muestra 5



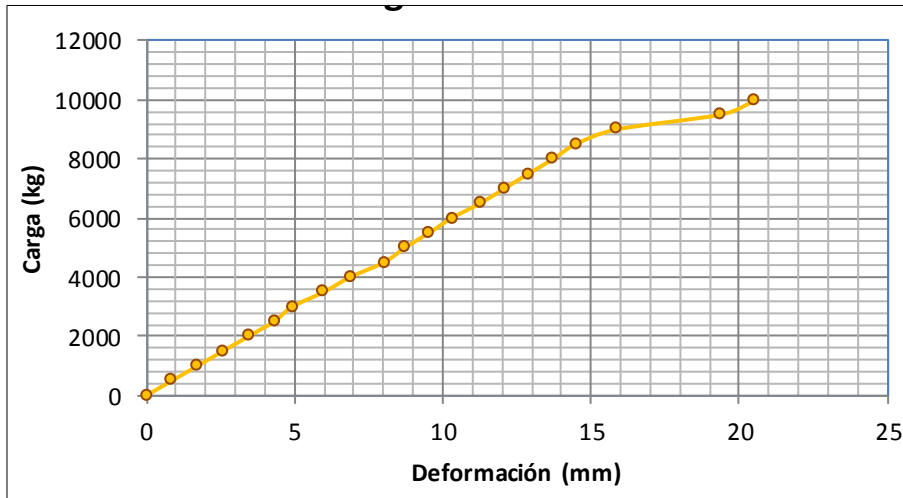
Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Tabla con corrección de datos, núcleo tipo "T" muestra 5

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm²	mm/mm
0	0	8,19	0,00	0,000	0,000
500	5,2324	9,05	0,86	0,607	0,003
1 000	7,5438	9,91	1,72	1,215	0,006
1 500	9,0932	10,77	2,58	1,822	0,009
2 000	10,5664	11,63	3,45	2,429	0,012
2 500	11,7602	12,49	4,31	3,037	0,014
3 000	13,1064	13,11	4,92	3,644	0,016
3 500	14,1732	14,17	5,99	4,251	0,020
4 000	15,0622	15,06	6,88	4,859	0,023
4 500	16,2052	16,21	8,02	5,466	0,027
5 000	16,9164	16,92	8,73	6,073	0,029
5 500	17,7292	17,73	9,54	6,681	0,032
6 000	18,4912	18,49	10,30	7,288	0,034
6 500	19,4564	19,46	11,27	7,895	0,038
7 000	20,2692	20,27	12,08	8,503	0,040
7 500	21,082	21,08	12,90	9,110	0,043
8 000	21,9202	21,92	13,73	9,717	0,046
8 500	22,6822	22,68	14,50	10,325	0,048
9 000	24,0792	24,08	15,89	10,932	0,053
9 500	27,5844	27,58	19,40	11,539	0,065
9 960	28,702	28,70	20,52	12,098	0,069

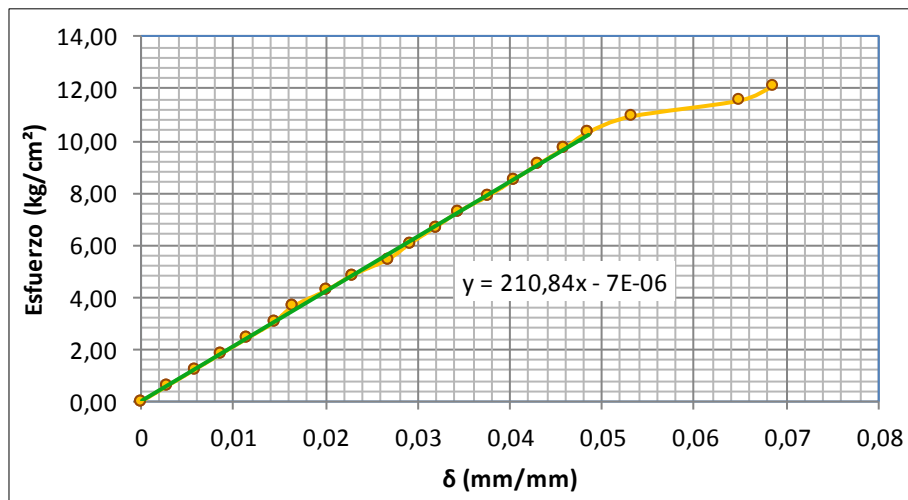
Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación corregida núcleo tipo "T" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

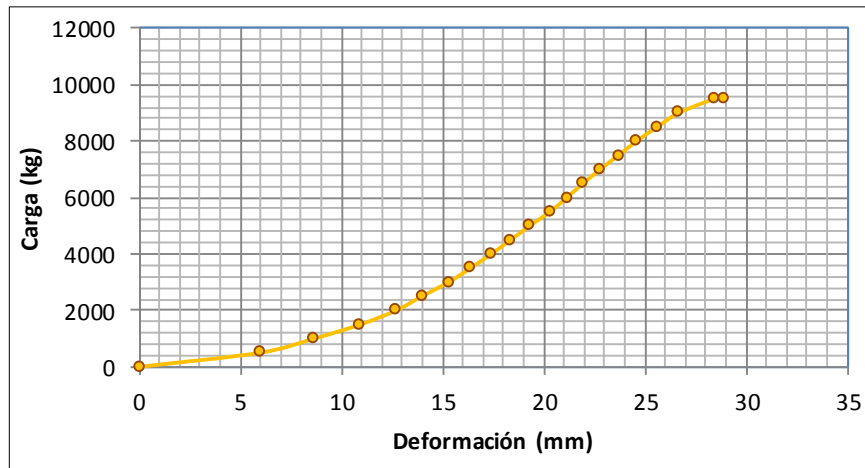
Gráfica esfuerzo *versus* deformación unitaria núcleo tipo "T" muestra 5



Fuente: elaboración propia, con el programa de Excel

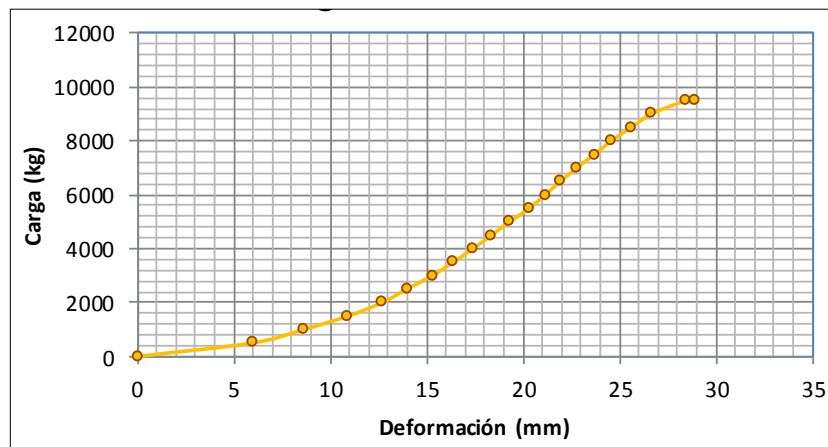
Núcleo tipo "T" muestra 6

Gráfica carga *versus* deformación núcleo tipo "T" muestra 6



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

Gráfica carga *versus* deformación con línea de tendencia núcleo tipo "T" muestra 6



Fuente: elaboración propia, con el programa de Excel

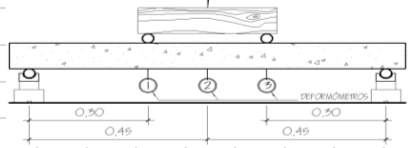
Tabla con corrección de datos, núcleo tipo “T” muestra 6

Carga	Δ	Δc	Δo	σ	ϵ
kg	mm	mm	mm	kg/cm²	mm/mm
0	0	10,01	0,00	0,000	0,000
500	5,97	10,93	0,92	0,607	0,003
1 000	8,64	11,85	1,84	1,215	0,006
1 500	10,92	12,76	2,75	1,822	0,009
2 000	12,70	13,68	3,67	2,429	0,012
2 500	13,97	14,60	4,59	3,037	0,015
3 000	15,29	15,29	5,28	3,644	0,018
3 500	16,38	16,38	6,37	4,251	0,021
4 000	17,40	17,40	7,39	4,859	0,025
4 500	18,36	18,36	8,35	5,466	0,028
5 000	19,30	19,30	9,29	6,073	0,031
5 500	20,32	20,32	10,31	6,681	0,034
6 000	21,13	21,13	11,12	7,288	0,037
6 500	21,95	21,95	11,93	7,895	0,040
7 000	22,78	22,78	12,77	8,503	0,043
7 500	23,70	23,70	13,69	9,110	0,046
8 000	24,59	24,59	14,58	9,717	0,049
8 500	25,60	25,60	15,59	10,325	0,052
9 000	26,67	26,67	16,66	10,932	0,056
9 500	28,45	28,45	18,44	11,539	0,062
9 520	28,88	28,88	18,87	11,564	0,063



Fuente: elaboración propia, con programa Excel

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO			"F"

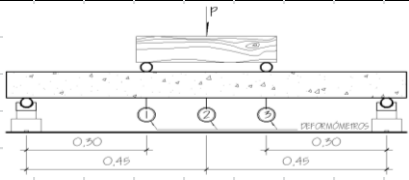
FECHA ELABORACIÓN	07/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	3	
Puzolana (agregado)	-	
Aqua	0,5	
Previamente fue saturada la fibra de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	18/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTIMA	BASE	ANCHO
30,1	100,1	8,3
29,8	100,0	8,2
30,0	100,0	8,4
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,0	100,0	8,3

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	29/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	17,640	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	8,820	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,01 mm	0,001 in	
1	0	1 - 98	1 - 98	1 - 98	
2	0,895	2 - 0	2 - 0	2 - 0	
3	1,806	2 - 3	2 - 3	2 - 3	
4	2,717	2 - 6	2 - 6	2 - 6	
5	3,587	2 - 9	2 - 9	2 - 9	
6	4,466	2 - 13	2 - 13	2 - 13	
7	5,318	2 - 18	2 - 18	2 - 18	
8	6,185	2 - 24	2 - 24	2 - 24	
9	7,07	2 - 32	2 - 32	2 - 32	
10	7,989	2 - 43	2 - 43	2 - 43	
11	8,819	- - -	- - -	- - -	Carga Última

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO	"F"	I	

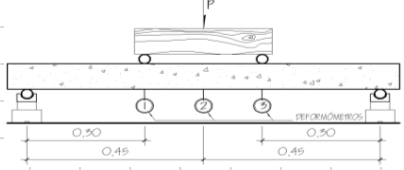
FECHA ELABORACIÓN	07/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	3	
Puzolana (agregado)	-	
Aqua	0,5	
Previamente fue saturada la fibra de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	18/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,1	100,1	8,3
29,8	100,0	8,2
30,0	100,0	8,4
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,0	100,0	8,3

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	29/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	17,640	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	8,820	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,01 mm	0,001 in	
1	0	1 - 98	1 - 98	1 - 98	
2	0,895	2 - 0	2 - 0	2 - 0	
3	1,806	2 - 3	2 - 3	2 - 3	
4	2,717	2 - 6	2 - 6	2 - 6	
5	3,587	2 - 9	2 - 9	2 - 9	
6	4,466	2 - 13	2 - 13	2 - 13	
7	5,318	2 - 18	2 - 18	2 - 18	
8	6,185	2 - 24	2 - 24	2 - 24	
9	7,07	2 - 32	2 - 32	2 - 32	
10	7,989	2 - 43	2 - 43	2 - 43	
11	8,819	- - -	- - -	- - -	Carga Última

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO	"F"	3	

FECHA ELABORACIÓN	07/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	3	
Puzolana (agregado)	-	
Aqua	0,5	
Previamente fue saturada la fibra de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	18/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
31,0	99,5	8,3
31,0	99,2	8,4
30,9	99,6	8,5
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
31,0	99,4	8,4

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	29/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	20,892	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	10,446	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,01 mm	0,001 in	
1	0	1 - 71	7 - 59	0 - 71	
2	0,852	1 - 72	7 - 60	0 - 72	
3	1,727	1 - 74	7 - 66	0 - 75	
4	2,545	1 - 75	7 - 72	0 - 77	
5	3,527	1 - 78	7 - 79	0 - 79	
6	4,476	1 - 79	7 - 84	0 - 81	
7	5,306	1 - 81	7 - 90	0 - 83	
8	6,201	1 - 83	7 - 96	0 - 85	
9	7,112	1 - 85	8 - 4	0 - 88	
10	8,023	1 - 88	8 - 11	0 - 91	
11	8,893	1 - 91	8 - 20	0 - 94	
12	9,772	1 - 93	8 - 28	0 - 97	
13	10,624	1 - 96	8 - 37	1 - 0	
14	11,491	2 - 0	8 - 50	1 - 4	
15	12,377	2 - 3	8 - 60	1 - 8	
16	13,296	2 - 8	8 - 75	1 - 13	
17	14,936	2 - 16	9 - 10	1 - 25	Carga Última

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO	"F"	4	



FECHA ELABORACIÓN	08/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	3	
Puzolana (agregado)	-	
Aqua	0,5	
Previamente fue saturada la fibra de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	18/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,5	100	8,1
30,3	99,8	8,3
30,8	99,9	8,2
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,5	99,9	8,2

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
FECHA DE ENSAYO	26/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	20,892	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	251	kg
MÍNIMA	-	kg
MÁXIMA	-	kg

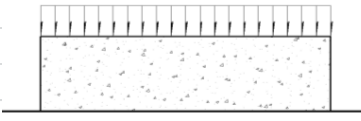
No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,001 in	0,01 mm	
1	0	1 - 0	2 - 53	1 - 0	
2	25	1 - 11	2 - 41	1 - 43	
3	50	1 - 24	2 - 33	1 - 68	
4	75	1 - 31	2 - 26	1 - 95	
5	100	1 - 37	2 - 21	2 - 23	
6	125	1 - 41	2 - 18	2 - 60	
7	150	1 - 42	2 - 17	2 - 96	
8	175	1 - 42	2 - 18	3 - 25	
9	200	1 - 42	2 - 18	4 - 5	
10	225	1 - 41	2 - 19	4 - 80	
11	250	1 - 41	2 - 19	5 - 9	
12	200	1 - 42	2 - 18	5 - 8	
13	150	1 - 42	2 - 17	4 - 92	
14	100	1 - 42	2 - 17	3 - 70	
15	50	1 - 42	2 - 16	3 - 32	
16	20	1 - 43	2 - 22	3 - 64	
17	20	0 - 0	2 - 20	3 - 0	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"F"		4

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,001 in	0,01 mm	
18	50	0 - 2	2 - 18	3 - 14	
19	100	0 - 4	2 - 15	3 - 35	
20	150	0 - 4	2 - 15	3 - 73	
21	200	0 - 4	2 - 15	4 - 5	
22	250	0 - 4	2 - 18	4 - 35	
23	300	0 - 4	2 - 21	4 - 80	
24	350	0 - 4	2 - 26	5 - 15	
25	400	0 - 4	2 - 30	6 - 5	
26	450	0 - 4	2 - 31	6 - 94	
27	500	0 - 4	2 - 33	7 - 44	
28	550	0 - 4	2 - 34	8 - 5	
19	600	0 - 4	2 - 34	8 - 45	
20	650	0 - 4	2 - 35	9 - 86	
21	700	0 - 4	2 - 38	10 - 44	Aparecio grieta
22	750	0 - 4	2 - 44	11 - 23	
23	800	0 - 10	2 - 65	12 - 45	
24	810	- - -	- - -	15 - 14	Carga Máxima
25	700	- - -	- - -	17 - 65	
26	600	- - -	- - -	21 - 95	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		11F11		5

FECHA ELABORACIÓN		11/08/2014	
MATERIAL		PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural		1	
Fibra de Maíz		3	
Puzolana (agregado)		-	
Aqua		0,5	
Previamente fue saturada la fibra de maíz			
FECHA DESENCOFRADO		20/08/2014	
DIMENSIONES (cm)			
ALTURA	BASE	ANCHO	
30,0	99,8	8,5	
30,4	100,3	8,3	
30,2	99,9	8,6	
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)			
30,2	100,0	8,5	

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	26/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	18,720	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	225	kg
MÍNIMA	-	kg
MÁXIMA	-	kg

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,001 in	0,01 mm	
1	0	0 - 0	2 - 1	0 - 52	
2	25	0 - 7	2 - 92	0 - 97	
3	50	0 - 12	2 - 86	1 - 32	
4	75	0 - 16	2 - 81	1 - 70	
5	100	0 - 20	2 - 78	2 - 10	
6	125	0 - 23	2 - 75	2 - 33	
7	150	0 - 24	2 - 75	2 - 73	
8	175	0 - 24	2 - 75	3 - 1	
9	200	0 - 24	2 - 75	3 - 25	
10	225	0 - 22	2 - 75	3 - 53	
11	250	0 - 21	2 - 75	3 - 78	
12	200	0 - 21	2 - 76	3 - 78	
13	150	0 - 21	2 - 76	3 - 62	
14	100	0 - 23	2 - 76	3 - 40	
15	50	0 - 24	2 - 75	3 - 8	
16	20	0 - 20	2 - 79	2 - 28	
17	20	0 - 0	2 - 0	2 - 0	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS			
	CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO			
			"F"	5

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,001 in	0,001 in	0,01 mm	
18	50	0 - 3	2 - 98	2 - 25	
19	100	0 - 6	2 - 95	2 - 74	
20	150	0 - 7	2 - 93	3 - 6	
21	200	0 - 7	2 - 92	3 - 42	
22	250	0 - 7	2 - 93	3 - 75	
23	300	0 - 7	2 - 93	4 - 11	
24	350	0 - 6	2 - 94	4 - 52	
25	400	0 - 2	2 - 98	4 - 85	
26	450	0 - 3	2 - 97	5 - 35	
27	500	0 - 3	2 - 97	5 - 76	
28	550	0 - 3	2 - 97	6 - 28	
19	600	0 - 3	2 - 97	6 - 66	
20	650	0 - 4	2 - 97	7 - 3	
21	700	0 - 5	2 - 98	7 - 37	
22	750	0 - 6	2 - 98	7 - 78	
23	800	0 - 9	2 - 98	8 - 26	
24	850	0 - 13	2 - 98	8 - 84	Crack en la parte central
25	900	0 - 23	2 - 98	9 - 50	
25	950	0 - 53	2 - 93	10 - 5	Carga Máxima
25	900	- - -	- - -	11 - 5	
25	800	- - -	- - -	13 - 40	
25	700	- - -	- - -	14 - 57	
25	600	- - -	- - -	18 - 70	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO	"F"	6	

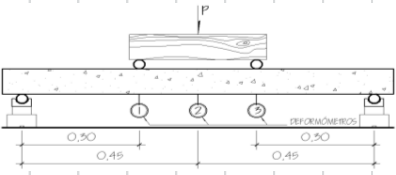
FECHA ELABORACIÓN	11/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	3	
Puzolana (agregado)	-	
Aqua	0,5	
Previamente fue saturada la fibra de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	20/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,0	40,5	8,5
30,4	42,0	8,3
30,2	42,6	8,6
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,2	41,7	8,5

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
FECHA DE ENSAYO	26/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	8,545	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	103	kg
MÍNIMA	-	kg
MÁXIMA	-	kg



No.	Carga kg	Lectura def. 1		Lectura def. 2		Lectura def. 3		OBSERVACIONES
		0,001 in	0,001 in	0,001 in	0,001 in	0,01 mm	0,01 mm	
1	0	3	- 0	2	- 53	0	- 0	
2	50	3	- 4	2	- 45	0	- 80	
3	75	3	- 4	2	- 42	1	- 20	
4	100	3	- 4	2	- 40	1	- 77	
5	125	3	- 4	2	- 35	2	- 26	
6	150	3	- 4	2	- 32	2	- 78	
7	175	3	- 4	2	- 28	3	- 30	
8	200	3	- 4	2	- 20	3	- 92	
9	225	3	- 4	2	- 10	4	- 78	
10	250	3	- 10	1	- 95	5	- 50	
11	275	3	- 18	1	- 70	6	- 78	
12	285	4	37	1	- 52	8	- 44	Carga Máxima
13	250	4	- 91	1	- 20	13	- 55	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDAO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"p"		

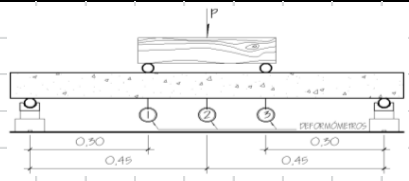
FECHA ELABORACIÓN	05/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Paquete de cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	11/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTIMA	BASE	ANCHO
30,1	100,1	8,3
29,8	100,0	8,2
30,0	100,0	8,4
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,0	100,0	8,3

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	09/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	17,170	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	8,585	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	0,001 in	
1	0	3 - 0	2 - 0	1 - 0	
2	4	3 - 3	2 - 1	1 - 1	
3	8	3 - 6	2 - 2	1 - 2	
4	11	3 - 9	2 - 4	1 - 4	
5	8	3 - 7	2 - 3	1 - 3	
6	4	3 - 4	2 - 1	1 - 2	
7	0	3 - 1	2 - 0	1 - 0	
8	0	3 - 0	1 - 44	1 - 3	
9	25	4 - 70	2 - 35	2 - 89	Grietas
10	45	7 - 18	3 - 78	4 - 16	Deflexión Experimental (37 kg)
11	25	6 - 30	3 - 40	3 - 81	
12	0	5 - 16	2 - 93	3 - 36	
13	0	5 - 16	2 - 93	3 - 36	
14	25	7 - 78	3 - 64	4 - 0	
15	50	8 - 86	4 - 10	4 - 92	Ampliaron las grietas
16	75	10 - 55	5 - 70	6 - 0	
17	100	15 - 20	7 - 30	7 - 20	
18	125	23 - 86	10 - 60	- - -	Carga Máxima

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO	"1"	2	

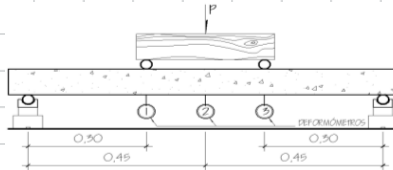
FECHA ELABORACIÓN	05/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Paquete de cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	11/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,3	99,8	8,3
30,5	99,7	8,5
30,5	99,8	8,4
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,4	99,8	8,4

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	09/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	20,130	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	10,065	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm



No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	0,001 in	
1	0	1 - 0	4 - 0	0 - 0	
2	25	1 - 65	5 - 30	0 - 22	Aparecieron grietas
3	50	4 - 50	6 - 70	0 - 70	Se cayó el recubrimiento
4	75	8 - 25	- - -	7 - 90	Carga Máxima

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"P1"		3

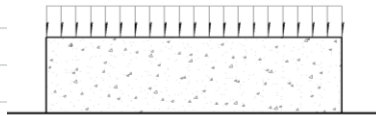
FECHA ELABORACIÓN	06/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Paquete de cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	11/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,4	99,8	8,3
30,6	99,7	8,7
30,3	99,6	8,5
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,4	99,7	8,5

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	09/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	20,892	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	10,446	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm



No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	0,001 in	
1	0	4 - 0	4 - 70	0 - 0	
2	25	4 - 35	4 - 90	0 - 12	
3	50	5 - 10	5 - 20	0 - 34	Grietas (55 kg)
4	75	10 - 15	7 - 70	1 - 90	
5	100	16 - 10	10 - 0	4 - 30	
6	125	20 - 70	- - -	6 - 60	
7	130	- - -	- - -	- - -	Carga Última



	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"P"		4



FECHA ELABORACIÓN	31/07/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Paquete de cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	04/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,3	99,6	8,2
30,6	99,6	8,4
30,4	99,7	8,3
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,4	99,6	8,3

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	08/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	17,800	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	214	kg
MÍNIMA	1797	kg
MÁXIMA	5114	kg

No.	Carqa kg	Lectura def. 1		Lectura def. 2		Lectura def. 3		OBSERVACIONES
		0,001 in	0,01 mm	0,001 in	0,01 mm	0,001 in	0,01 mm	
1	0	4	0	19	0	2	0	
2	25	4	0	19	0	2	7	
3	50	4	0	19	0	2	11	
4	75	4	0	19	1	2	16	
5	100	4	0	19	2	2	22	
6	125	4	0	19	3	2	27	
7	150	4	0	19	5	2	33	
8	175	4	0	19	6	2	39	
9	200	4	0	19	6	2	44	
10	225	4	0	19	6	2	51	
11	200	4	0	19	7	2	51	
12	150	3	99	19	9	2	49	
13	100	3	98	19	10	2	44	
14	50	3	98	19	10	2	37	
15	0	3	97	19	10	2	27	
16	0	4	0	19	0	2	0	
17	50	4	0	19	1	2	15	

		ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO						
		CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS			TIPO	MUESTRA		
		ING. INF. JESÚS MORENO			11P11	4		
No.	Carga kg	Lectura def. 1		Lectura def. 2		Lectura def. 3		OBSERVACIONES
		0,001 in		0,01 mm		0,001 in		
18	100	4	- 0	19	- 1	2	- 24	
19	150	4	- 0	19	- 1	2	- 31	
20	200	4	- 1	19	- 1	2	- 39	
21	250	4	- 2	19	- 1	2	- 47	
22	300	4	- 3	19	- 1	2	- 55	
23	350	4	- 4	19	- 1	2	- 65	
24	400	4	- 6	18	- 99	2	- 76	
25	450	4	- 8	18	- 97	2	- 88	
26	500	4	- 9	18	- #	2	- 98	
27	550	4	- 11	18	- 96	3	- 14	
28	600	4	- 11	18	- #	3	- 36	
29	650	4	- 12	18	- #	3	- 41	
30	700	4	- 12	18	- 96	3	- 46	
31	750	4	- 13	18	- 97	3	- 59	
32	800	4	- 13	18	- 99	3	- 71	
33	850	4	- 13	19	- 0	3	- 82	
34	900	4	- 13	19	- 2	3	- 92	
35	950	4	- 13	19	- 3	4	- 3	
36	1000	4	- 13	19	- 5	4	- 12	
37	1050	4	- 13	19	- 5	4	- 21	
38	1100	4	- 13	19	- 5	4	- 29	
39	1150	4	- 13	19	- 6	4	- 36	
40	1200	4	- 13	19	- 7	4	- 44	
41	1250	4	- 13	19	- 8	4	- 50	
42	1300	4	- 13	19	- 10	4	- 62	
43	1350	4	- 13	19	- 12	4	- 69	
44	1400	4	- 13	19	- 14	4	- 69	
45	1450	4	- 13	19	- 12	4	- 65	
46	1500	4	- 13	19	- 19	4	- 81	
47	1200	4	- 13	19	- #	4	- 69	
48	1100	4	- 12	19	- #	4	- 66	
49	1000	4	- 12	19	- #	4	- 64	
50	900	4	- 12	19	- #	4	- 71	



		ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO						
		CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS					TIPO	MUESTRA
		ING. INF. JESÚS MORENO					"P"	4
No.	Carqa kg	Lectura def. 1 0,001 in		Lectura def. 2 0,01 mm		Lectura def. 3 0,001 in		OBSERVACIONES
51	800	4	- 11	19	- 22	4	- 70	
52	700	4	- 11	19	- 23	4	- 65	
53	600	4	- 10	19	- 24	4	- 59	
54	500	4	- 10	19	- 26	4	- 55	
55	400	4	- 10	19	- 21	4	- 45	
56	300	4	- 12	19	- 18	4	- 30	
57	200	4	- 10	19	- 23	4	- 19	
58	100	4	- 9	19	- 27	4	- 4	
59	50	4	- 8	19	- 32	3	- 84	
60	100	4	- 0	18	- 96	4	- 3	
61	200	4	- 2	18	- 92	4	- 13	
62	300	4	- 4	18	- 88	4	- 24	
63	400	4	- 7	18	- 87	4	- 32	
64	500	4	- 7	18	- 86	4	- 41	
65	600	4	- 7	18	- 86	4	- 53	
66	700	4	- 7	18	- 86	4	- 61	
67	800	4	- 7	18	- 86	4	- 71	
68	900	4	- 7	18	- 86	4	- 79	
69	1000	4	- 7	18	- 86	4	- 85	
70	1100	4	- 7	18	- 86	4	- 91	
71	1200	4	- 7	18	- 86	4	- 97	
72	1300	4	- 7	18	- 86	5	- 2	
73	1400	4	- 7	18	- 86	5	- 8	
74	1500	4	- 8	18	- 86	5	- 14	
75	1600	4	- 8	18	- 89	5	- 22	
76	1700	4	- 9	18	- 92	5	- 29	
77	1800	4	- 9	18	- 98	5	- 37	
78	1900	4	- 9	19	- 2	5	- 42	
79	2000	4	- 9	19	- 9	5	- 49	
80	2100	4	- 10	19	- 14	5	- 56	
81	2200	4	- 9	19	- 19	5	- 61	Críeta
82	2300	4	- 6	19	- 33	5	- 73	Falla a compresión del mortero
83	2400	4	- 5	19	- 41	5	- 78	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO			
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO	11P11	5	


FECHA ELABORACIÓN	31/07/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Paquete de cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	04/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,4	100	8,2
30,8	99,9	8,3
30,4	100	8,3
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,5	100,0	8,3

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	08/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	17,436	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	209	kg
MÍNIMA	1841	kg
MÁXIMA	5114	kg

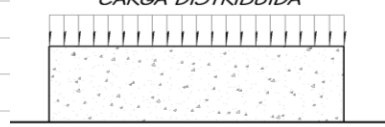
No.	Carga kg	Lectura		OBSERVACIONES
		def. 1 0,001 in	def. 2 0,01 mm	
1	0	4 - 0	1 - 0	
2	100	4 - 2	1 - 33	
3	200	4 - 4	1 - 61	
4	300	4 - 5	1 - 83	
5	400	4 - 6	2 - 0	Grieta vertical
6	500	4 - 7	2 - 15	
7	600	4 - 8	2 - 33	
8	700	4 - 8	2 - 47	Grieta
9	800	4 - 8	2 - 61	
10	900	4 - 8	2 - 76	
11	1000	4 - 8	2 - 90	Grieta
12	1100	4 - 8	3 - 0	
13	1200	4 - 8	3 - 9	Grieta
14	1300	4 - 9	3 - 19	
15	1400	4 - 9	3 - 28	
16	1500	4 - 10	3 - 36	
17	1600	4 - 11	3 - 46	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS				
	CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO	MUESTRA	
	ING. INF. JESÚS MORENO		"P1"	5	


No.	Carga kg	Lectura		OBSERVACIONES
		def. 1 0,001 in	def. 2 0,01 mm	
1	1700	4 - 11	3 - 53	
2	1800	4 - 12	3 - 61	
3	1900	4 - 14	3 - 70	
4	2000	4 - 16	3 - 78	
5	2100	4 - 20	3 - 87	
6	2200	4 - 24	3 - 95	
7	2280	- - -	- - -	Carga Máxima

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"P1"		5

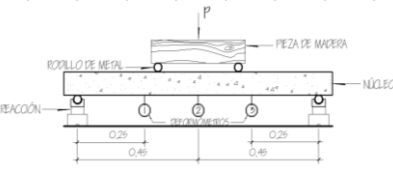
FECHA ELABORACIÓN	31/07/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Paquete de cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	04/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,2	99,9	8,0
30,3	100	8,1
30,7	99,9	8,0
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,4	99,9	8,0

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	08/09/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	19,728	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	237	kg
MÍNIMA	1930	kg
MÁXIMA	5114	kg

No.	Carga kg	Lectura def. 1		Lectura def. 2		OBSERVACIONES
		0,001 in		0,01 mm		
1	0	4	- 0	2	- 0	
2	100	4	- 20	2	- 25	
3	200	4	- 20	2	- 46	
4	300	4	- 23	2	- 65	
5	400	4	- 24	2	- 80	
6	500	4	- 25	2	- 96	
7	600	4	- 28	3	- 11	
8	700	4	- 30	3	- 23	
9	800	4	- 31	3	- 35	
10	900	4	- 33	3	- 45	Grieta
11	1000	4	- 35	3	- 55	
12	1100	4	- 38	3	- 66	
13	1200	4	- 42	3	- 84	Grieta
14	1300	4	- 49	4	- 0	
15	1400	4	- 69	4	- 27	
16	1460	-	-	-	-	Carga Última


	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		11T1		I

FECHA ELABORACIÓN	19/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Reforzo de tiras y cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	27/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,4	99,8	8,3
30,6	99,8	8,0
30,2	99,9	8,0
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,0	100,0	8,3

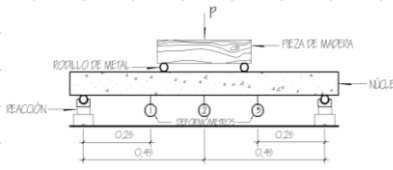
ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	17/11/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	30,000	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	15,000	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	0,001 in	
1	0	0 - 99	3 - 71	0 - 70	
2	5	1 - 22	3 - 90	0 - 90	
3	10	2 - 24	4 - 75	2 - 10	
4	15	3 - 80	6 - 0	4 - 20	
5	16	9 - 80	8 - 40	7 - 40	
6	20	13 - 70	10 - 74	9 - 90	
7	25	16 - 25	*	13 - 70	
8	30	- - -	**	- - -	
9	35	- - -	***	- - -	Carga Máxima
10	20	- - -	****	- - -	

*, **, ***, **** Estas mediciones fueron tomadas por medio de una cinta metrica



	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"T"		2

FECHA ELABORACIÓN	19/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Refuerzo de tiras y cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	27/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,6	100,2	8,4
30,5	100	8,4
30,3	100	8,4
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,0	100,0	8,3

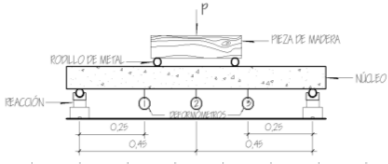
ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	17/11/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	30,200	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	15,100	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm

No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	0,001 in	
1	0	0 - 97	1 - 10	0 - 61	
2	5	0 - 98	1 - 12	0 - 61	
3	10	1 - 2	1 - 15	0 - 66	
4	15	1 - 7	1 - 19	0 - 71	
5	20	1 - 14	1 - 23	0 - 78	
6	25	1 - 28	1 - 35	0 - 95	Grieta (26 kg)
7	15	2 - 4	1 - 98	1 - 62	
8	20	2 - 48	2 - 40	2 - 8	
9	25	4 - 39	4 - 0	3 - 85	
10	30	8 - 8	10 - 90	7 - 60	
11	25	- - -	*	- - -	
12	27	- - -	**	- - -	
13	20	- - -	***	- - -	
14	25	- - -	****	- - -	

* , ** , *** , **** Estas mediciones fueron tomadas por medio de una cinta metrica

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		1171		3

FECHA ELABORACIÓN	20/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Refuerzo de tiras y cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	27/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTIMA	BASE	ANCHO
30,5	100	8,6
30,6	100	8,4
30,6	99,8	8,5
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,0	100,0	8,3

ENSAYO A FLEXIÓN		
		
FECHA DE ENSAYO	17/11/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	31,000	kg
CARGA DISEÑO		
0,5*W	15,500	kg
DEFLEXIÓN EXPERIMENTAL		
L/200	4,5	mm



No.	Carga kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	Lectura def. 3	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	0,001 in	
1	0	0 - 18	0 - 43	0 - 72	
2	5	0 - 21	0 - 46	0 - 72	
3	10	0 - 26	0 - 49	0 - 72	
4	15	0 - 32	0 - 52	0 - 72	
5	20	0 - 38	0 - 56	0 - 72	
6	25	0 - 45	0 - 60	0 - 88	
7	30	0 - 52	0 - 66	1 - 22	Crack
8	35	0 - 61	0 - 70	1 - 35	
9	40	1 - 37	1 - 50	2 - 20	
10	35	2 - 73	1 - 80	2 - 80	
11	40	3 - 22	2 - 20	3 - 50	
12	35	4 - 34	3 - 20	4 - 80	
13	40	5 - 46	4 - 10	6 - 20	
14	43	7 - 2	5 - 50	8 - 0	
15	40	- - -	*	- - -	
16	25	- - -	**	- - -	
17	30	- - -	***	- - -	
18	20	- - -	****	- - -	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"T"		4

FECHA ELABORACIÓN	20/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Refuerzo de tiras y cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	27/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30,5	100	8,1
30,3	99,8	8,3
30,8	99,9	8,2
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
30,5	99,9	8,2

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	14/11/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	30,200	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	362	kg
MÍNIMA	2120	kg
MÁXIMA	4773	kg

No.	Carga kg	Lectura		OBSERVACIONES
		def. 1 0,01 mm	def. 2 0,001 in	
1	0	1 - 1	0 - 78	
2	25	1 - 3	0 - 92	
3	50	1 - 4	1 - 10	
4	75	1 - 6	1 - 27	
5	100	1 - 8	1 - 45	
6	125	1 - 9	1 - 65	
7	150	1 - 11	1 - 85	
8	175	1 - 15	2 - 6	
9	200	1 - 16	2 - 23	
10	225	1 - 17	2 - 40	
11	250	1 - 19	2 - 59	
12	275	1 - 21	2 - 78	
13	300	1 - 22	2 - 95	
14	325	1 - 22	3 - 12	
15	350	1 - 23	3 - 28	
16	375	1 - 24	3 - 48	
17	350	1 - 25	3 - 68	

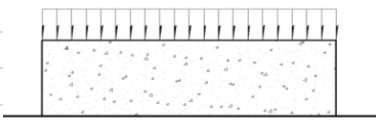
		ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
		CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA		
		ING. INF. JESÚS MORENO			"1"	4
No.	Carga kg	Lectura		OBSERVACIONES		
		def. 1 0,01 mm	def. 2 0,001 in			
18	300	1 - 25	3 - 68			
19	250	1 - 24	3 - 62			
20	200	1 - 24	3 - 50			
21	150	1 - 24	3 - 35			
22	100	1 - 24	3 - 15			
23	50	1 - 24	2 - 65			
24	0	1 - 23	2 - 50			
25	0	1 - 17	2 - 32			
26	0	1 - 17	0 - 30			
27	125	1 - 24	1 - 15			
28	250	1 - 26	2 - 88			
29	375	1 - 27	3 - 50			
30	500	1 - 28	4 - 20			
31	625	1 - 26	5 - 0			
32	750	1 - 24	5 - 54			
33	875	1 - 20	6 - 4			
34	1000	1 - 17	6 - 44			
35	1125	1 - 13	6 - 85			
36	1250	1 - 10	7 - 18			
37	1375	1 - 6	7 - 50			
38	1500	1 - 3	7 - 77			
39	1625	1 - 0	8 - 3			
40	1750	0 - 97	8 - 31			
41	1875	0 - 93	8 - 52			
42	2000	0 - 91	8 - 69			
43	2125	0 - 87	8 - 96			
44	2250	0 - 88	9 - 18			
45	2375	0 - 87	9 - 31			
46	2500	0 - 86	9 - 47			
47	2625	0 - 85	9 - 63			
48	2750	0 - 84	9 - 88			
49	2875	0 - 84	10 - 0			
50	2500	0 - 84	10 - 7			

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"1"		4

No.	Carga kg	Lectura def. 1		Lectura def. 2		OBSERVACIONES
		0,01 mm		0,001 in		
51	2 000	0	84	9	94	
52	1 500	0	85	9	67	
53	1 000	0	87	9	33	
54	500	0	91	8	77	
55	0	1	16	6	54	
56	0	1	6	6	0	
57	0	1	15	3	28	
58	500	1	17	4	90	
59	1 000	1	10	5	48	
60	1 500	1	5	5	98	
61	2 000	1	2	6	39	
62	2 500	1	1	6	78	
63	3 000	1	0	7	15	
64	3 500	1	0	7	54	
65	4 000	1	0	7	96	
66	4 500	1	0	8	36	
67	5 000	1	0	8	75	
68	5 500	1	0	9	20	
69	6 000	1	0	9	55	
70	6 500	1	0	9	90	
71	7 000	1	0	10	27	
72	7 500	1	0	10	60	
73	8 000	1	1	11	99	
74	8 500	1	3	12	30	
75	9 000	1	4	12	65	Grietas
76	9 500	1	9	13	10	
77	10 000	1	14	13	55	
78	10 430	1	24	14	30	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"1"		5

FECHA ELABORACIÓN	25/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Reforzo de tiras y cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	27/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
29,8	100,5	8,1
29,9	100,2	8,4
29,9	100,5	8,1
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
29,9	100,4	8,2

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	14/11/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	30,200	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	362	kg
MÍNIMA	1870	kg
MÁXIMA	4773	kg

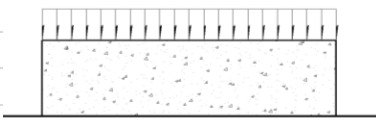
No.	Carqa kg	Lectura def. 1	Lectura def. 2	OBSERVACIONES
		0,01 mm	0,001 in	
1	0	0 - 21	0 - 14	
2	25	0 - 21	0 - 15	
3	50	0 - 21	0 - 25	
4	75	0 - 21	0 - 38	
5	100	0 - 21	0 - 50	
6	125	0 - 20	0 - 62	
7	150	0 - 20	0 - 75	
8	175	0 - 20	0 - 83	
9	200	0 - 20	1 - 0	
10	225	0 - 20	1 - 9	
11	250	0 - 20	1 - 18	
12	275	0 - 20	1 - 29	
13	300	0 - 19	1 - 37	
14	325	0 - 19	1 - 45	
15	350	0 - 19	1 - 52	
16	375	0 - 18	1 - 56	
17	350	0 - 18	1 - 58	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"T"		5



No.	Carga kg	Lectura def. 1		Lectura def. 2		OBSERVACIONES
		0,01 mm		0,001 in		
18	300	0	18	1	58	
19	250	0	19	1	55	
20	200	0	19	1	48	
21	150	0	19	1	39	
22	100	0	20	1	28	
23	50	0	21	1	8	
24	0	0	22	0	73	
25	0	0	32	0	52	
26	0	0	33	0	52	
27	500	0	41	2	58	
28	1000	0	33	3	49	
29	1500	0	33	4	10	
30	2000	0	31	4	68	
31	2500	0	31	5	15	
32	3000	0	31	5	68	
33	3500	0	31	6	10	
34	4000	0	31	6	45	Grieta
35	4500	0	31	6	90	
36	5000	0	30	7	18	
37	5500	0	29	7	50	Aplastamiento en la base
38	6000	0	28	7	80	
39	6500	0	25	8	18	
40	7000	0	23	8	50	
41	7500	0	22	8	82	
42	8000	0	17	9	15	
43	8500	0	15	9	45	
44	9000	0	11	10	0	
45	9500	0	7	11	38	Grieta
46	9960	9	98	11	82	

	ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
	CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS		TIPO		MUESTRA
	ING. INF. JESÚS MORENO		"T"		6

FECHA ELABORACIÓN	25/08/2014	
MATERIAL	PROPORCIÓN	
Aglomerante Natural	1	
Fibra de Maíz	-	
Puzolana (agregado)	2	
Aqua	0,5	
Refuerzo de tiras y cañas de maíz		
FECHA DESENCOFRADO	27/08/2014	
DIMENSIONES (cm)		
ALTURA	BASE	ANCHO
30	100	8,5
29,7	100,1	8,7
30,1	100	8,5
PROMEDIO DIMENSIONES (cm)		
29,9	100,0	8,6

ENSAYO A COMPRESIÓN		
CARGA DISTRIBUIDA		
		
FECHA DE ENSAYO	14/11/2014	
NÚMERO DE ENSAYO		
1	2	3
PESO (W)	30,200	kg
CARGAS EXPERIMENTALES		
DISEÑO	362	kg
MÍNIMA	2170	kg
MÁXIMA	4773	kg

No.	Carqa kg	Lectura		OBSERVACIONES
		def. 1 0,01 mm	def. 2 0,001 in	
1	0	0 - 49	0 - 54	
2	25	0 - 54	1 - 8	
3	50	0 - 56	1 - 25	
4	75	0 - 57	1 - 45	
5	100	0 - 58	1 - 65	
6	125	0 - 60	1 - 82	
7	150	0 - 62	2 - 0	
8	175	0 - 63	2 - 15	
9	200	0 - 64	2 - 25	
10	225	0 - 65	2 - 37	
11	250	0 - 66	2 - 48	
12	275	0 - 66	2 - 55	
13	300	0 - 66	2 - 65	
14	325	0 - 67	2 - 75	
15	350	0 - 67	2 - 84	
16	375	0 - 68	2 - 90	
17	350	0 - 68	2 - 93	

		ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE NÚCLEOS ALIGERADOS CON CAÑA DE MAÍZ PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS TIPO EMPAREDADO				
		CARACTERÍSTICAS DE LOS NÚCLEOS	TIPO	MUESTRA		
		ING. INF. JESÚS MORENO			"T"	6
No.	Carqa kg	Lectura def. 1 0,01 mm	Lectura def. 2 0,001 in	OBSERVACIONES		
18	300	0 - 68	2 - 93			
19	250	0 - 67	2 - 93			
20	200	0 - 68	2 - 90			
21	150	0 - 67	2 - 75			
22	100	0 - 67	2 - 60			
23	50	0 - 66	2 - 40			
24	0	0 - 65	2 - 0			
25	0	0 - 75	1 - 16			
26	0	0 - 75	0 - 0			
27	500	0 - 83	2 - 35			
28	1 000	0 - 81	3 - 40			
29	1 500	0 - 80	4 - 30	Grieta vertical		
30	2 000	0 - 79	5 - 0			
31	2 500	0 - 79	5 - 50			
32	3 000	0 - 79	6 - 2			
33	3 500	0 - 79	6 - 45			
34	4 000	0 - 79	6 - 85			
35	4 500	0 - 80	7 - 23			
36	5 000	0 - 81	7 - 60	Grieta		
37	5 500	0 - 83	8 - 0			
38	6 000	0 - 84	8 - 32			
39	6 500	0 - 85	8 - 64			
40	7 000	0 - 87	8 - 97			
41	7 500	0 - 89	9 - 33			
42	8 000	0 - 91	9 - 68			
43	8 500	0 - 95	10 - 8			
44	9 000	1 - 2	10 - 50			
45	9 500	1 - 25	11 - 20			
46	9 520	- - -	11 - 37			

