

**LADRILLO MODULAR ECOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

DIEGO A. QUINTERO SANDOVAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

**LADRILLO MODULAR ECOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

DIEGO A. QUINTERO SANDOVAL

Proyecto de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Director:

M.D. I. EDGAR SARMIENTO

Magíster en Diseño Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO	23
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	24
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 Objetivo general.....	25
1.3.2 Objetivos Específicos.....	25
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	26
1.4.1 Alcances	26
1.4.2 Limitaciones	26
1.5 PERFIL DEL USUARIO	27
1.6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO	27
1.6.1 Contextualización.....	27
1.6.2 Estructura mitológica	28
2. MARCO TEÓRICO	29
2.1 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE UN LADRILLO ACTUAL	30
2.1.1 Arcillas	30
2.1.2 Propiedades físicas de las arcillas	31
2.1.3 Propiedades químicas de las arcillas	31
2.1.4 Acción del calor sobre las arcillas.	32
2.2 ESTADO ECONÓMICO DE LA INDUSTRIA LADRILLERA	33
2.3 ANÁLISIS DEL MERCADO ACTUAL	34
2.3.1 Geometría	34
2.3.2 Tipos de ladrillo.....	35

2.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO	37
3. FASE DE ANÁLISIS	41
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	41
3.2 NTC 5324 BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES, DEFINICIONES ESPECIFICACIONES, MÉTODOS DE ENSAYO, CONDICIONES DE ENTREGA.....	42
3.2.1 Generalidades.....	42
3.2.2 Definiciones de los productos	43
3.3.3 Definiciones	43
3.2.3 Clasificación.....	46
3.2.4 Designación	47
3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS BLOQUES	47
3.4 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS BLOQUES.....	50
3.5 ESTADO DEL ARTE.....	50
3.6 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	57
4. FASE DE DISEÑO.....	59
4.1 GENERACIÓN DE CONCEPTOS	62
4.1.1 Alternativa 1	63
4.1.2 Alternativa 2	66
4.1.3 Alternativa 3	70
4.2 SELECCIÓN DE CONCEPTO	72
4.2.1 Elaboración de los bloques.....	72
4.2.1.1 La tierra como material de construcción:	72
4.2.2 Requerimientos y parámetros	107
4.3 ENSAMBLE VIRTUAL DEL MURO	109
4.4 ENSAMBLE DEL MURETE	112
4.5 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO DE UN MURO	128
4.4.1 Albañilería confinada	131
4.4.2 cimentación.....	132
5 LOGO DE LA MARCA	138

6. COSTOS..... 139
BIBLIOGRAFÍA..... 141
ANEXOS..... 145

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Nomenclatura del ladrillo	35
Figura 2. Diagrama fabricación de ladrillos y derivados de arcilla	37
Figura 3. Caso de desportille en punta	48
Figura 4. Caso de desportille en arista	49
Figura 5. Clasificación de ladrillos.....	51
Figura 6. Productos.....	51
Figura 7. Productos.....	53
Figura 8. Partes CINVA-RAM	60
Figura 9. Imagen preparación de las partes	60
Figura 10. Ensamble CINVA-RAM.....	61
Figura 11. CINVA-RAM.....	61
Figura 12. Bloque CINVA-RAM.....	62
Figura 13. Boceto alternativa 1	63
Figura 14. Boceto alternativa 1	64
Figura 15. Boceto alternativa 1	64
Figura 16. boceto alternativa 1.....	65
Figura 17. Boceto alternativa 2	66
Figura 18. Boceto alternativa 2	67
Figura 19. Boceto alternativa 2	68
Figura 20. Boceto alternativa 2	68
Figura 21. Boceto alternativa 2	69
Figura 22. Boceto alternativa 3	70
Figura 23. Boceto alternativa 3	70
Figura 24. Boceto alternativa 3	71

Figura 25. Boceto alternativa 3	71
Figura 26. Preparación de la tierra.....	77
Figura 27. Tierra cernida.....	77
Figura 28. Tierra cernida.....	78
Figura 29. Elaboración del molde alternativa uno	78
Figura 30. Elaboración del molde alternativa uno	79
Figura 31. Elaboración del molde	79
Figura 32. Molde prueba alternativa uno	80
Figura 33. Moldes alternativa uno.....	80
Figura 34. Moldes alternativa dos	81
Figura 35. Moldes alternativa tres.....	81
Figura 36. Preparación de la mezcla	82
Figura 37. Ubicación de Valle de San José en Santander.....	83
Figura 38. Peso de la tierra.....	84
Figura 39. Peso del agua.....	84
Figura 40. Aplicación de agua a la mezcla	85
Figura 41. Mezcla con agua.....	85
Figura 42. Prueba de humedad	86
Figura 43. Prueba de humedad	86
Figura 44. Acomodación de los moldes en la bloquera	87
Figura 45. Llenado de la prensa	88
Figura 46. Prensado	88
Figura 47. Bloque prensado.....	89
Figura 48. Preparación de los equipos	90
Figura 49. Preparación de los equipos	91
Figura 50. Prueba modulo 1	91
Figura 51. Prueba modulo 1	92
Figura 52. Prueba modulo 1	92
Figura 53. Prueba modulo 1	93
Figura 54. Prueba modulo 1	93

Figura 55. Prueba modulo 1	94
Figura 56. Prueba modulo 2.....	95
Figura 57. Prueba modulo 2	96
Figura 58. Prueba modulo 2	96
Figura 59. Prueba modulo 2	97
Figura 60. Prueba modulo 2	97
Figura 61. Prueba modulo 2	98
Figura 62. Prueba modulo 2	98
Figura 63. Prueba modulo 2	99
Figura 64. Prueba modulo 2	99
Figura 65. Prueba módulo 3	103
Figura 66. Prueba módulo 3	103
Figura 67. Prueba módulo 3	104
Figura 68. Prueba módulo 3	104
Figura 69. Prueba módulo 3	105
Figura 70. Vista isométrica	109
Figura 71. Plano tecnico	110
Figura 72. Imagen plano técnico.....	110
Figura 73. Murete armado	111
Figura 74. Detalle esquina	111
Figura 75. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión por traba correcta.....	113
Figura 76. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión por traba correcta.....	113
Figura 77. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión por traba correcta en el murete	114
Figura 78. Almacenamiento de los modulos	115
Figura 79. Formación del murete	116
Figura 80. Módulos organizados para la prueba.....	116
Figura 81. Preparacion del equipo	117

Figura 82. Murete fallado	117
Figura 83. Murete fallado	118
Figura 84. Equipos de laboratorio	118
Figura 85. Vista frontal murete fallado	119
Figura 86. Vista lateral derecha del murete fallado	120
Figura 87. Vista lateral izquierda murete fallado	121
Figura 88. Murete fallado	122
Figura 89. Vista superior murete fallado	122
Figura 90. Detalle de falla hilada superior	123
Figura 91. Cuarta hilada fallada	123
Figura 92. Tercera hilada fallada	124
Figura 93. Tercera hilada fallada	124
Figura 94. Segunda hilada fallada	125
Figura 95. Detalle módulo segunda hilada	125
Figura 96. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión en el bloque	126
Figura 97. Primera hilada fallada	126
Figura 98. Detalle módulos primera hilada fallada	127
Figura 99. Estabilización de muros	131
Figura 100. Logo de la marca	138

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Variación anual del ICCV, IPC, IPP.....	20
Gráfica 2. Variación anual de las cadenas de insumos del ICCV	22
Gráfica 3. Participación de los segmentos de insumos en la edificación de una vivienda (%)	22
Gráfica 4. Producción real, ventas reales e ICCV en la industria productora de ladrillos (Variación anual).....	33
Gráfica 5. Curva de la distribución granulométrica del barro utilizado en un ladrillera	76
Gráfica 6. Curva de la distribución granulométrica optimizada para adobes	76
Gráfica 7. Prueba módulo 1.1	94
Gráfica 8. Prueba módulo 1.2	95
Gráfica 9. Prueba módulo 2.1	100
Gráfica 10. Prueba módulo 2.2	101
Gráfica 11. Prueba módulo 2.3	101
Gráfica 12. Prueba módulo 2.4	102
Gráfica 13. Prueba módulo 2.5	102
Gráfica 14. Prueba módulo 3.1	106
Gráfica 15. Prueba módulo 3.2	106
Gráfica 16. Módulos de ensayo fallados	107
Grafico 17. Prueba murete.....	127

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Grupos y subgrupos de insumo del ICCV	21
Tabla 2. Variación anual del costo de materiales que hacen parte de la mampostería y ponderación y contribución al crecimiento de la mampostería en el ICCV	23
Tabla 3. Tolerancia de dimensiones de desportillos en punta y arista	48
Tabla 4. Clases de resistencia a la compresión seca	50
Tabla 5. Ladrillo Tipo A	52
Tabla 6. Bloque Tradicional y Estándar	52
Tabla 7. Estructural y portante	52
Tabla 8. Rejilla	53
Tabla 9. Evaluación de alternativas	108

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Laboratorio de suelos.....	146
ANEXO B. Curvas.....	149
ANEXO C. Manual Bloque de Tierra.....	156

RESUMEN

TÍTULO: LADRILLO MODULAR ECOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN*

AUTOR: DIEGO A. QUINTERO SANDOVAL**

PALABRAS CLAVES: Arcilla, Ladrillo, Muro, Mortero, Módulo

DESCRIPCIÓN

La escasez de recursos naturales ha impulsado al hombre a buscar nuevas alternativas en el campo de la construcción, impulsando la investigación para la creación de nuevos materiales más amigables con el medio ambiente y en algunos casos, retornando a la práctica de técnicas artesanales para la construcción, heredadas de nuestros antepasados en las cuales el material principal es la tierra. El ladrillo es el material de mayor costo en la construcción de una vivienda es por esto que muchas familias de escasos recursos optan por reemplazar las paredes de su vivienda por plástico, cartón, madera, láminas de zinc. El ladrillo modular ecológico está dirigido a los estratos 1 y 2 y se orienta a la construcción de vivienda digna para comunidad rural y urbana. Se perfila abarcar los mencionados estratos sociales, dada la accesibilidad económica que supone el producto terminado en comparación con los precios de ladrillos existentes en el mercado. Para la fabricación de los bloques se hace necesario el uso de la prensa CINVA-RAM, la tierra usada debe cumplir con por lo menos 1/3 parte de arena y 2/3 de arcilla para poder ser prensada y usar los moldes que se desarrollaron durante el proyecto. Estos se construyen usando como principio básico el ensamble de caja y espiga, de esta manera se disminuye considerablemente el uso de mortero en el momento de construir un muro, reduciendo los costos económicos de la construcción de una vivienda.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Edgar Sarmiento, Magíster en Diseño Industrial

SUMMARY

TITLE: MODULAR ECOLOGICAL BRICK WALLS FOR BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION

AUTHOR: DIEGO A. QUINTERO SANDOVAL **

KEYWORDS: Clay, Brick, Wall, Mortar, Module

DESCRIPTION

The scarcity of natural resources has driven men to seek new alternatives in the construction field, promoting research for the creation of new, more friendly materials with the environment and in some cases, returning to the practice of traditional techniques for building inherited from our ancestors in which the main material is the earth. Brick is the most expensive material in the construction of a dwelling, this is why many poor families choose to replace the walls of their home for plastic, cardboard, wood, zinc sheets. The ecological modular brick is aimed at levels 1 and 2 and is oriented to the construction of decent housing for rural and urban community. It is profiled to cover the mentioned social strata, given the affordability which is the finished product compared to existing brick prices in the market. For the manufacture of the blocks it is necessary to use the press CINVA-RAM, the land used must meet at least 1/3 sand and 2/3 of clay to be pressed and it is also necessary to use the molds that were developed during the project. These are constructed using as a basic principle mortise and tenon assembly, so the use of mortar at the time of building a wall, the economic costs of housing construction are considerably reduced.

* Degree work

** Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: Edgar Sarmiento, Master in Industrial Design

INTRODUCCIÓN

La escasez de recursos naturales ha impulsado al hombre a buscar nuevas alternativas en el campo de la construcción, impulsando la investigación para la creación de nuevos materiales más amigables con el medio ambiente y en algunos casos, retornando a la práctica de técnicas artesanales para la construcción, heredadas de nuestros antepasados en las cuales el material principal es la tierra.

En casi todos los climas cálido-secos y templados del mundo, la tierra ha sido el material de construcción predominante. Aun en la actualidad, gran parte de la humanidad reside en viviendas de tierra. En los países industrializados la desmedida explotación de los recursos naturales y los sistemas de producción centralizados intensivos en capital y energía, no solo generan desperdicios sino que contaminan el medio ambiente.

No ha sido posible resolver los inmensos requerimientos de hábitat en los países en vía de desarrollo con materiales industrializados como ladrillo, hormigón y acero, que bien se sabe, se fabrican con técnicas de producción industrializada. No existen en el mundo las capacidades productivas y financieras para satisfacer la demanda habitacional.

En tal contexto, conviene considerar que los requerimientos de hábitat en los países en vía de desarrollo solo se pueden encarar utilizando materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción, con lo cual se podría mejorar la calidad de vida de muchas familias.

La idea de un escenario de posconflicto, también puede interesar a los propósitos de la construcción de un nuevo país. Actualmente Colombia vive uno de los momentos histórico-políticos más importantes de las últimas décadas. Tras más de sesenta años de violencia en nuestro territorio, el gobierno nacional y la guerrilla de las FARC-EP buscan una solución negociada al conflicto. A su vez, el ELN en otra mesa de negociación, persigue acuerdos que deriven en la cesación del conflicto bélico.

En consecuencia, la negociación de la paz ha trascendido a los escenarios políticos y académicos del país. Algunos intelectuales y académicos han sugerido que el estado debe invertir en tecnología para el desarrollo rural y agrícola, generando políticas públicas que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes en cuanto a vivienda y educación, habida cuenta de que la sociedad civil ha sido una de los sectores más afectados por el accionar de los grupos guerrilleros y paraestatales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Jorge Enrique Robledo, en su libro *El drama de la vivienda en Colombia* (El Áncora Editores, 1985, pp. 28), explicaba que “La capacidad de un país con relaciones capitalistas para atender las necesidades de alojamiento de su población y, en consecuencia, el mayor o menor déficit habitacional, depende de cuántas personas puedan comprar vivienda propia y cuántas logren subsidiar los gobiernos”. De lo cual concluía: “Con el advenimiento del capitalismo el problema (de la vivienda) se empeora o no dependiendo de la capacidad de pago de los asalariados y de la fortaleza económica de los Estados.”

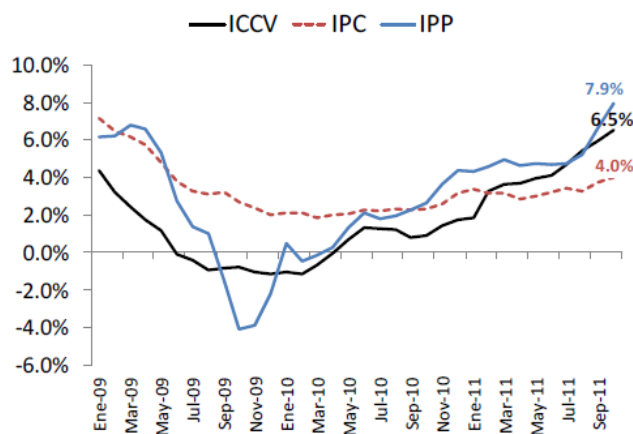
El déficit cuantitativo de vivienda bajó del 12.56% en 2005 al 5.54% en 2012. Se estima que 554.087 hogares requieren de una solución en vivienda. O no tienen vivienda y se ven obligados al hacinamiento o carecen de alguno o de todos los servicios básicos, o se ven sometidos a tan lamentable vivir en casas de lata, cartón, esterilla, madera, plástico, sin piso de material y sin servicios fundamentales como el derecho al agua. Cualquiera que camine por las zonas deprimidas de Colombia o zonas periféricas de las ciudades principales, se dará cuenta de la triste realidad. Se sabe que en esas condiciones se anidan problemas de salud pública debido a la falta de servicios como el derecho al agua, alcantarillado, energía eléctrica, gas natural, cobertura de educación y de tipo social.

Según Camacol, Para julio de 2010, la brecha entre la producción de vivienda formal y la formación de hogares era de 42 por ciento; con el desarrollo de la estrategia de vivienda, a marzo de 2013, la brecha mostró una reducción de 16 por ciento, llegando al 27 por ciento. A este ritmo, manteniendo invariable el número de hogares, pasarían 39 años para resolver el déficit actual. El gobierno de Juan Manuel Santos proyecta construir un millón de viviendas, 679 mil vivienda

de interés social (VIS) y 340 mil no VIS. Cifras que, de lograrse, no subsanarán la totalidad del déficit. De ellas, 280 mil se adquirirán con subsidios del gobierno, pero de acuerdo con lo presupuestado para el 2011 y de movilizarse la totalidad de los subsidios, cosa improbable, faltarían 45 mil para lograr la meta. Se planea invertir 77,5 billones de pesos, y de ellos, 67 provendrán del bolsillo de las familias, 6,6 de la nación y 3,7 de los entes territoriales.

El aumento de los costos de construcción de vivienda medido a través del índice de costos de la construcción de viviendas (ICCV) ha sido particularmente alto en sus últimas mediciones, cuando ha superado al crecimiento de los precios al consumidor (IPC) e incluso se acerca al crecimiento promedio de los costos de producción de la economía medidos a través del Índice de Precios al Productor (IPP). El crecimiento anual del ICCV en el mes de octubre de 2011 indica que los costos de los insumos para construir están creciendo a tasas promedio de 6.5%, mientras que el Índice de Precios al Consumidor crece al 3,7% y el Índice de Precios Productor aumentó en el mes de octubre en 8% anualmente ver Gráfica 1.

Gráfica 1. Variación anual del ICCV, IPC, IPP.



Fuente: DANE. Elaboración DEET – CAMACOL

El ICCV está compuesto por tres grandes grupos de costos: materiales de construcción, mano de obra y maquinaria y equipo. La canasta general del ICCV comprende además 19 subgrupos de costos, 120 insumos básicos y 274 artículos y variedades en total. En la tabla 1 se indica cómo se estructura esta canasta de acuerdo al grupo de costos y los 19 subgrupos con su respectiva ponderación.

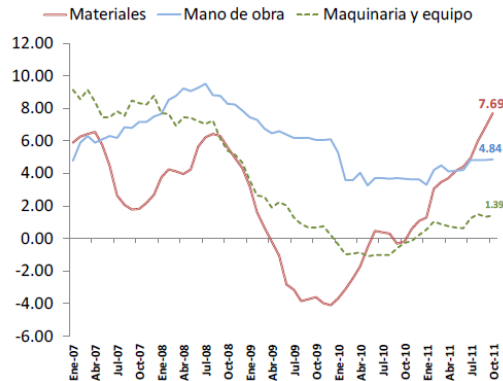
Tabla 1. Grupos y subgrupos de insumo del ICCV

GRUPOS	SUBGRUPOS	PONDERACIÓN
MATERIALES	Materiales Para Cimentación y Estructuras	20.95%
	Aparatos Sanitarios	2.68%
	Materiales Para instalaciones Hidráulicas y Sanitarias	3.48%
	Materiales Para instalaciones Eléctricas y de Gas	5.09%
	Materiales Para Mampostería	9.1%
	Materiales Para Cubierta	1.97%
	Materiales Para Pisos y Enchapes	6.79%
	Materiales Para Carpintería de Madera	3.63%
	Materiales Para Carpintería Metálica	3.35%
	Materiales Para Cerraduras, Vidrios, Espejos y Herrajes	1.22%
	Materiales Para Pintura	2.71%
	Materiales Para Obras Exteriores	0.71%
	Materiales Varios	0.99%
Instalaciones Especiales	3.37%	
TOTAL MATERIALES		66.05%
MANO DE OBRA	Maestro	1.16%
	Oficial	15.45%
	Ayudante	11.89%
TOTAL MANO DE OBRA		28.51%
MAQUINARIA Y EQUIPO	Maquinaria y equipos de construcción	4.39%
	Equipo de transporte	1.05%
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO		5.44%

Fuente: DANE

Por grupos de insumos, el que más crece al interior del ICCV es el de materiales de construcción. Este grupo presentó un crecimiento anual en el mes de octubre del 7,7%. El ICCV de mano de obra creció en 4,8% y el ICCV de maquinaria en 1,4%.

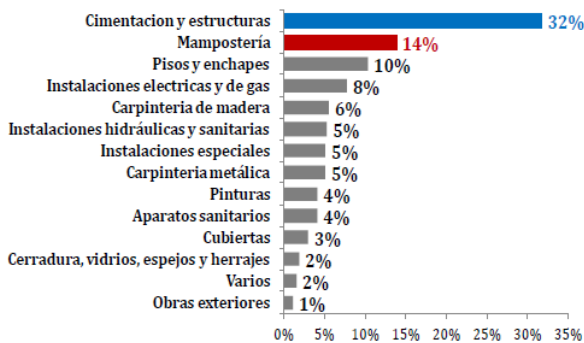
Gráfica 2. Variación anual de las cadenas de insumos del ICCV



Fuente: DANE. Elaboración DEET – CAMACOL

De acuerdo con el DANE, los grupos de materiales que tienen mayor incidencia en la estructura de costos de los proyectos son los asociados a la cimentación y las estructuras con el 32% y mampostería con 14%. Como se puede ver en la Gráfica 3 el resto de grupos de materiales de construcción representa cada uno menos del 10%.

Gráfica 3. Participación de los segmentos de insumos en la edificación de una vivienda (%)



Fuente: DANE. Elaboración DEET – CAMACOL

En el segmento de mampostería los materiales que más han contribuido al crecimiento del ICCV son cemento gris (2,4%), ladrillos (3,9%) y morteros¹ (3,5%). El costo del cemento gris crece a una tasa anual de 13%, el precio de los ladrillos crece 14% y el de los morteros 9% ver tabla 2.

Tabla 2. Variación anual del costo de materiales que hacen parte de la mampostería y ponderación y contribución al crecimiento de la mampostería en el ICCV

	Var% anual*	Ponderación	Contribución
<i>Arena</i>	4%	4%	0,1%
<i>Bloques</i>	10%	10%	1,0%
<i>Cemento gris</i>	13%	18%	2,4%
<i>Ladrillos</i>	14%	29%	3,9%
<i>Morteros</i>	9%	40%	3,5%
Total Mampostería	11%	100%	11%

Fuente: DANE. Elaboración DEET – CAMACOL

Se puede observar la tendencia en el alza de los materiales de construcción en los que está incluido el ladrillo que hace parte de la mampostería siendo este uno de los componentes de los que tiene un porcentaje de mayor alza en el precio.

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Ladrillo modular ecológico para la construcción de muros: diseño y construcción

1.2 JUSTIFICACIÓN

La VIS es el tipo de proyecto que más se ve afectado por el alza en los materiales de construcción ya que su rentabilidad está directamente asociada con la capacidad de lograr un bajo costo directo e indirecto en sus presupuestos. A lo anterior se le suman los altos índices de déficit de vivienda VIS en el país, lo cual agrava la situación y por lo tanto se hace indispensable desarrollar otro tipo de técnicas constructivas y nuevos materiales que permitan por un lado aminorar los costos directos de construcción y por el otro impulsar el sector de la construcción para seguir disminuyendo el déficit de vivienda VIS en el país y por lo tanto generar una mejor calidad de vida para los habitantes.

A lo anterior se le suma el anuncio del presidente Juan Manuel Santos donde expresa la intención de entregar 100.000 unidades de vivienda gratis a los más pobres del país, por lo que se considera que es un momento apropiado para realizar propuestas metodológicas novedosas con las cuales se pueda colaborar a alcanzar estas metas que el Gobierno Nacional actual se ha trazado.

Esta situación induce a la generación de proyectos de viviendas de interés social que permitan la construcción de una gran cantidad de edificaciones en corto tiempo y a un bajo costo, en donde se encuentra la justificación del presente documento, que es un estudio preliminar que busca la implementación de un ladrillo modular ecológico los cuales se puedan conseguir en el mercado a bajo costo y representen una alternativa válida en la solución de vivienda para miles de familias de escasos recursos en el país.

Por otro lado, la globalización de la economía se ha visto reflejada en las constantes innovaciones científicas y tecnológicas las cuales han generado no solo cambios en la mayoría de procesos productivos de bienes y servicios, sino

que a la vez han surgido nuevas exigencias a las empresas que aspiran a participar en un mercado cada vez más competitivo. Estos avances han traído un mejoramiento en la calidad de vida en la sociedad, pero estas ganas de generar más provecho y beneficio, han llevado a una serie de transformaciones en la relación del hombre con la naturaleza, dejando de lado la preservación y control de los recursos naturales; por tal razón es importante encontrar la mejor forma de contribuir con un desarrollo sostenible, donde se mitigue el alto impacto ambiental que se genera al producir materiales convencionales para la construcción de viviendas, disminuyendo así el consumo desenfrenado de los recursos naturales y prácticas de producción altamente contaminantes. Este será también un punto importante en el desarrollo de este proyecto, por lo que los materiales estudiados deberán cumplir con este requisito de disminuir el impacto ambiental producido por materiales utilizados actualmente en la construcción.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Diseñar y construir un ladrillo ecológico modular para la construcción de muros.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Ofrecer al mercado un ladrillo de bajo costo.
- Ofrecer a la comunidad de bajos recursos, una nueva alternativa fácil y económica de construcción.
- Disminuir el gasto del mortero usado para el pegue.
- Desarrollar un módulo que facilite el montaje (ensamble del muro).
- Proveer un prototipo de ladrillo funcional, que se constituya como alternativa de solución al problema del impacto ambiental que se genera en la fabricación de

los actuales ladrillos y al mismo tiempo, que aminore costos de producción en la fabricación de viviendas para las personas menos favorecidas.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

- Presentar un nuevo ladrillo modular ecológico para la construcción de muros.
- Construir un muro con materiales de características fisicomecánicas ideales para la construcción.
- Realizar pruebas en el laboratorio de resistencia de materiales para identificar las fallas fisicomecánicas que presente el muro.
- Realizar las pruebas fisicomecánicas a un prototipo de ladrillo funcional y posteriormente al muro, tales pruebas son: ensayo de compresión.

1.4.2 Limitaciones

- Los resultados de las comprobaciones simuladas en Solid Works y en el laboratorio pueden variar dependiendo de la calidad definitiva del material.
- No contar con la herramienta o maquinaria ideal donde llevar a cabo pruebas de prensado y mezcla del material.
- Fabricar el prototipo definitivo usando los mismos procesos de producción que se usarían en la industria.

1.5 PERFIL DEL USUARIO

El ladrillo modular ecológico está dirigido a los estratos 1 y 2 y se orienta a la construcción de vivienda rural y urbana. Se perfila abarcar los mencionados estratos sociales, dada la accesibilidad económica que supone el producto terminado en comparación con los precios de ladrillos existentes en el mercado.

Para el caso del ladrillo que se produce en el presente trabajo de grado, no se propone una clasificación por franja etaria, dado que se considera al usuario como el núcleo familiar en su conjunto y por ende la determinación del perfil no está marcado por un rango de edades.

1.6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

1.6.1 Contextualización El ladrillo es el material de mayor costo en la construcción de una vivienda es por esto que muchas familias de escasos recursos optan por reemplazar las paredes de su vivienda por plástico, cartón, madera, láminas de zinc. Estos materiales no brindan el confort de una pared construida con ladrillos, además la mayoría de estos son fácilmente flameables, trayendo como consecuencia incendios en los que por una chispa de fuego en una vivienda se propaga rápidamente, en algunas situaciones arrasando con un asentamiento humano completamente. Se hace necesario fabricar un ladrillo modular de bajo costo y amigable con el ambiente.

Este proyecto se desarrolla usando la metodología propuesta en el libro *Diseño y desarrollo de productos*¹, definiendo tres fases de acuerdo a los objetivos específicos del proyecto.

1.6.2 Estructura mitológica

Fase de análisis

- Definición del problema
- Identificación de las necesidades
- NTC 5324 bloques de suelo cemento para muros y divisiones
- Estado del arte
- Especificaciones del producto

Fase de diseño

- Generación de conceptos de diseño
- Evaluación de concepto
- Prueba de laboratorio, resistencia a la compresión seca del modulo
- Plano técnico del ladrillo (módular)

Fase de validación

- Construcción de módulos
- Ensamble del murete
- Prueba de laboratorio, resistencia a la compresión seca del murete
- Conclusiones

2. MARCO TEÓRICO

El despertar de la conciencia verde ha venido con una nueva mirada a los sistemas antiguos de construcción artesanal cambios y acompañado por investigaciones científicas que buscan encontrar materiales más amigables con el medio ambiente, un fruto reciente de estas investigaciones es el "cemento ecológico" desarrollado por investigadores cubanos y suizos a partir de materiales que permiten reducir en un 32 % las emisiones de dióxido de carbono durante la producción.

Las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 9000 años. En el Turquestán fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000-6000 a.c. En Siria fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 a.C. Todas las culturas antiguas utilizaron la tierra no solo en la construcción de viviendas sino también en la construcción de viviendas sino también en fortalezas y obras religiosas.

El templo mortuorio de Ramsés II en Gourná, Egipto, construido con adobes hace más de 3000 años. La ciudadela ArgeBam en Irán tiene partes de sus construcciones con 2500 años de antigüedad. También en Marruecos en el valle de Draa hay ciudades fortificadas construidas de tierra en el siglo XVIII. La gran muralla china que se construyó hace 4000 años, inicialmente casi toda con tierra apisonada (tapial) y posteriormente fue enchapada con piedras naturales y ladrillos, dándole la apariencia de una muralla de piedra. El centro de la pirámide del Sol en Teotihuacán, México, está constituido por 2 millones de toneladas de tierra apisonada y fue construida entre los años 300 - 900.

2.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE UN LADRILLO ACTUAL

2.1.1 Arcillas. La arcilla es un compuesto de los elementos Silicio (Si) y Aluminio (Al) con agua químicamente combinada. Puesto que el silicio y el aluminio se encuentran generalmente en combinación con el oxígeno, como óxidos, se les llama Sílice (SiO_2) y Alúmina (Al_2O_3). La arcilla es conocida en química como un Silicato hidratado de Alúmina. La arcilla pura es una combinación de una molécula de alúmina, dos moléculas de sílice y dos de agua: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Esta agua no es la que se añade para hacer plástico el material. La arcilla totalmente seca ha perdido el agua que le da plasticidad pero tiene aún su agua química.

Por lo general la arcilla pura no se usa para la manufactura de utensilios. Se le combina con otros materiales cerámicos para darles las cualidades necesarias para la fabricación de ciertos productos.

Pueden ser de dos clases, según su procedencia:

- **Primarias o residuales:** Formadas in situ, es decir, donde se desintegró la roca. Contienen partículas sin ninguna clasificación, caolinizadas y con fragmentos de rocas y minerales duros e inalterados. Por su heterogeneidad no son de mucha aplicación en la industria cerámica.
- **Secundarias o sedimentarias:** Han sido transportadas y depositadas en pantanos, lagos, el océano, etc. Están clasificadas por tamaño debido al transporte. Tienen mejores condiciones para la industria cerámica.

2.1.2 Propiedades físicas de las arcillas

- **Elasticidad:** Producida por la mezcla de la arcilla con una adecuada cantidad de agua.
- **Endurecimiento:** Lo sufren a ser sometidas a la acción de calor.
- **Color:** Este se debe a la presencia de óxidos metálicos.
- **Absorción:** Absorben materiales tales como aceites, colorantes, gases, etc.

2.1.3 Propiedades químicas de las arcillas. La arcilla pura es bastante resistente a la acción química de los reactivos; sin embargo, es atacada por algunos reactivos, sobre todo si se le aplican en condiciones apropiadas de presión, temperatura y concentración.

- El ácido clorhídrico y el sulfúrico concentrados la descomponen a una temperatura de 250 a 300° C y actúan más lentamente sobre arcilla calcinada.
- Algunos álcalis como sosa y potasa atacan el silicato alumínico si hay calentamiento prolongado y la transforman en silicatos dobles de sodio o potasio y aluminio.
- El anhídrido bórico la transforma en una masa vítrea (vitrificado) más atacable por los reactivos químicos.
- Con mayor facilidad actúa el ácido fluorhídrico y los fluoruros ácidos formando fluoruro de Al y de Si.
- Pero para la industria cerámica, las propiedades más importantes son las relacionadas con las reacciones efectuadas entre los diferentes silicatos de la arcilla para formar compuestos de ciertas características como resistencia,

dureza, aumento de densidad, disminución de absorción, según la reacción que haya tenido lugar.

2.1.4 Acción del calor sobre las arcillas.

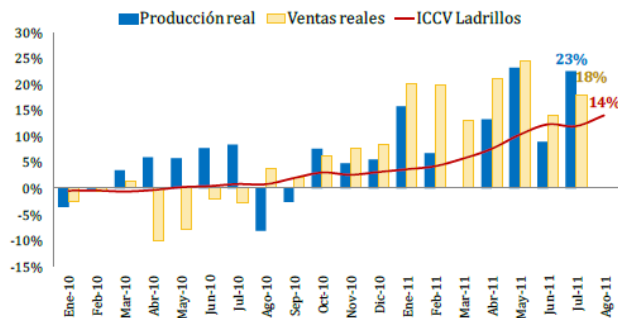
- La eliminación del agua higroscópica se da a una temperatura de aproximadamente 100°C, aún no pierde su agua de composición y conserva la propiedad de dar masas plásticas.
- Con una temperatura entre 300 y 400° C el agua llamada de combinación es liberada, perdiendo la propiedad de dar masas plásticas aunque se le reduzca a polvo y se le añada suficiente agua.
- Entre 600 y 700° C el agua en la arcilla es totalmente eliminada.
- Por la acción del calor entre 700 y 800°C adquiere propiedades tales como dureza, contracción y sonoridad, la sílice y la alumínica comienzan a formar un silicato anhidro (Mullita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ SiO}_2$).
- Esta combinación se completa al parecer entre 1100 y 1200° C.
- Hacia los 1500° C aparecen los primeros síntomas de vitrificación.
- Coloración: Esta se debe a la presencia de óxidos metálicos, principalmente el de hierro (por su actividad y abundancia). Dependiendo de si la llama es oxidante o reductora se colorea de rojo, amarillo, verde o gris. También el titanio, el vanadio producen fenómenos similares.

- Materiales acompañantes: Granos de cuarzo, feldespato, micas, carbonatos (Ca y Mn), compuestos de hierro (óxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros) y material orgánico.

2.2 ESTADO ECONÓMICO DE LA INDUSTRIA LADRILLERA

Se encuentra que la dinámica del mercado coincide con un aumento del precio, que se encuentra mucho más correlacionado con el crecimiento de las ventas. En el mes de julio de 2011 la producción de ladrillos creció 23%, mientras que las ventas aumentaron el 18%. A pesar de este hecho el ICCV de ladrillos creció 14%.

Gráfica 4. Producción real, ventas reales e ICCV en la industria productora de ladrillos (Variación anual)



Fuente: DANE. Elaboración DEET – CAMACOL

Algunos aspectos que han incidido en el aumento de los precios de los productos de arcilla han sido: el aumento de los costos de energía (gas natural, carbón mineral y energía eléctrica) que es esencial para la producción de ladrillos. Otro factor que explica el aumento de los costos de este insumo está asociado a las exigencias ambientales que obligan a los productores a realizar inversiones en

equipos amables con el medio ambiente y en el uso de combustibles limpios, que incrementan los costos de producción.

Adicionalmente vienen aumentando los costos debido al aumento de los costos logísticos, principalmente asociado al estado crítico de las vías en el país, que inciden nuevamente en el incremento de los costos de producción.

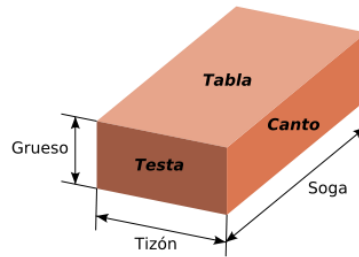
2.3 ANÁLISIS DEL MERCADO ACTUAL

2.3.1 Geometría. Su forma es la de un prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de sogá, tizón y grueso, siendo la sogá su dimensión mayor. Asimismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de tabla, canto y testa (la tabla es la mayor). Por lo general, la sogá tiene el doble de longitud que el tizón, más exactamente, dos tizones más una junta, lo que permite combinarlos libremente. El grueso, por el contrario, puede no estar modulado.

Existen diferentes formatos de ladrillo, por lo general son de un tamaño que permita manejarlo con una mano. En particular, destacan el formato métrico, en el que las dimensiones son 24 x 11,5 x 5,25 / 7 / 3,5 cm (cada dimensión es dos veces la inmediatamente menor, más 1 cm de junta) y el formato catalán de dimensiones 29 x 14 x 5,2 / 7,5 / 6 cm, y los más normalizados que miden 25 x 12 x 5 cm.

Actualmente también se utilizan por su gran demanda, dado su reducido coste en obra, medidas de 50 x 24 x 5 cm.

Figura 1. Nomenclatura del ladrillo



Fuente: WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Ladrillo [en línea] disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ladrillo>

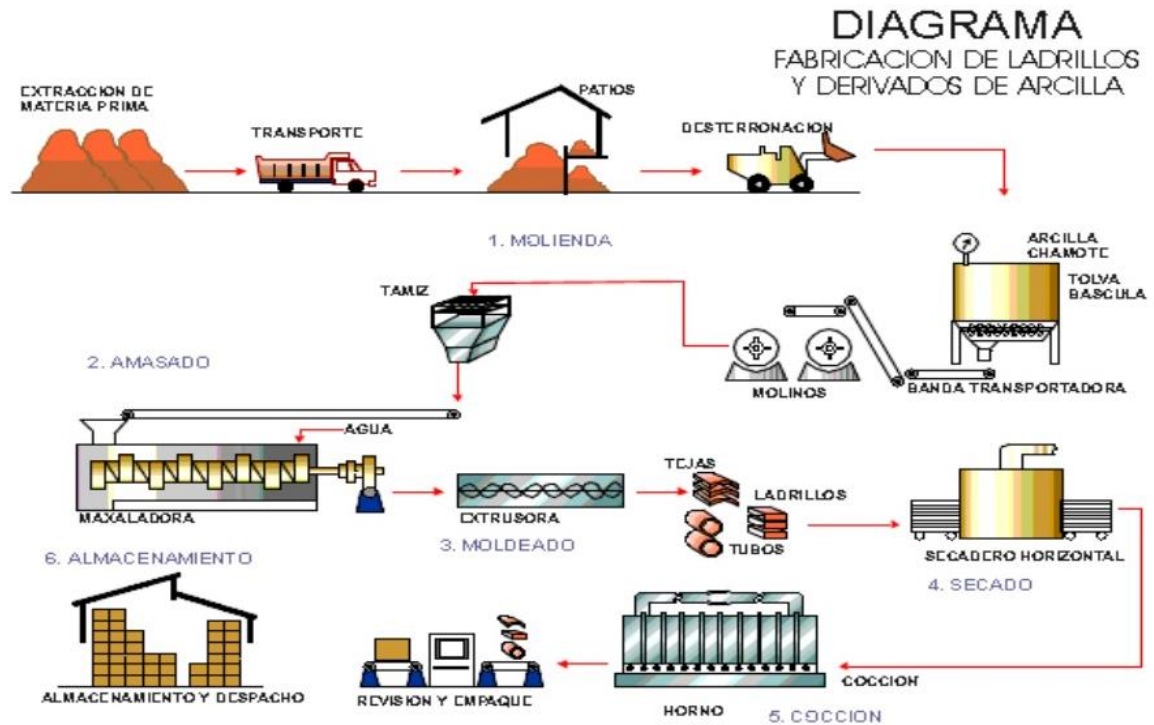
2.3.2 Tipos de ladrillo. Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- **Ladrillo perforado:** que son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Se utilizan en la ejecución de fachadas de ladrillo.
- **Ladrillo macizo:** aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.
- **Ladrillo tejar o manual:** simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.
- **Ladrillo aplantillado:** aquel que tiene un perfil curvo, de forma que al colocar una hilada de ladrillo, generalmente a sardinell, conforman una moldura corrida. El nombre proviene de las plantillas que utilizaban los canteros para labrar las piedras, y que se utilizan para dar la citada forma al ladrillo.

- **Ladrillo hueco:** son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa que reducen el peso y el volumen del material empleado en ellos, facilitando su corte y manejo. Aquellos que poseen orificios horizontales son utilizados para tabiquería que no vaya a soportar grandes cargas. Pueden ser de varios tipos:
 - **Rasilla:** su soga y tizón son mucho mayores que su grueso. En España, sus dimensiones más habituales son 24 x 11,5 x 2,5 cm.
- **Ladrillo hueco simple:** posee una hilera de perforaciones en la testa
- **Ladrillo hueco doble:** con dos hileras de perforaciones en la testa.
- **Ladrillo hueco triple:** posee tres hileras de perforaciones en la testa.
- **Ladrillo cara-vista:** son aquellos que se utilizan en exteriores con un acabado especial.
- **Ladrillo refractario:** se coloca en lugares donde debe soportar altas temperaturas, como hornos o chimeneas.

2.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO

Figura 2. Diagrama fabricación de ladrillos y derivados de arcilla



Fuente: SLIDE SHARE Producción de ladrillos [en línea] disponible en: <http://es.slideshare.net/alexanderguarniz/produccion-de-ladrillos-5907811>

La arcilla es el material básico del ladrillo, debido a que cuando se humedece se convierte en una masa fácil de manejar y se moldea muy fácilmente, por lo que para proceder a fabricar ladrillos, hay que humedecer bien la arcilla. Ya manejable se moldea y para endurecerla y convertirla en ladrillo se procede por el método de secado, éste es de los más antiguos o por cocción que resulta más rápido. Como pierde agua su tamaño se reduce pero muy poco, alrededor de un 5%. El proceso de fabricación de los ladrillos conlleva:

- **Etapa de maduración:** Es cuando se procede a triturar la arcilla, se homogeniza y se deja un cierto tiempo en reposo para que así la misma obtenga consistencia uniforme y se pueda adquirir ladrillos con el tamaño y consistencia que se desea. Se deja que repose expuesta a los elementos para que desprenda terrones y disuelva nódulos, así como que se deshaga de las materias orgánicas que pueda contener y se torne puro para su manipulación en la fabricación.
- **Etapa de tratamiento mecánico previo:** Concluido el proceso de maduración, la arcilla entra la etapa de pre-elaboración, para purificar y refinar la arcilla, rompiendo los terrones existentes, eliminando las piedras que le quitan uniformidad, y convirtiendo la arcilla en material totalmente uniforme para su procesamiento.
- **Etapa de depósito de materia prima procesada:** Cuando ya se ha uniformado la arcilla se procede a colocarla en un silo techado, donde la misma se convertirá en un material homogéneo y listo para ser manipulado durante el proceso de fabricación.
- **Etapa de humidificación:** sigue a la etapa de depósito que ha sufrido la arcilla, en esta fase se coloca en un laminador refinado al que seguirá una etapa de mezclador donde se irá humidificando para obtener la consistencia de humedad ideal.
- **Etapa de moldeado:** es cuando se procede a llevar la arcilla a través de una boquilla, que es una plancha perforada en forma del objeto que se quiere elaborar. El proceso se hace con vapor caliente saturado a 130°C, lo que hace que el material se compacte y la humedad se vuelve más uniforme.

- **Etapas de secado:** con esta etapa se procede a eliminar el agua que el material absorbió durante el moldeado, y se hace previo al cocimiento. Suele hacerse usando aire en el secadero controlando que el mismo no sufra cambios para que el material no se dañe.
- **Etapas de cocción:** Esta etapa es la que se realiza en los hornos en forma de túnel, con temperaturas extremas de 90°C a 1000°C, y donde el material que se ha secado previamente se coloca por una entrada, en grupos para que se someta al proceso de cocimiento y sale por el otro extremo cuando ha completado el mismo. Durante el mismo se comprueba la resistencia que se ha logrado del material.
- **Etapas de almacenaje:** cuando el producto se ha cocido y es resistente y llena las exigencias de calidad, se coloca en formaciones de paquetes sobre los denominados “pallets” que hacen fácil su traslado de un lugar a otro. Los mismos se van atando ya usando cintas metálicas o de plástico para que los mismos no corran riesgo de caerse y dañarse, y de esa manera es más fácil la manipulación porque pueden llevarse a los lugares de almacenamiento.

El almacenamiento es un punto importante dentro del proceso de fabricación de ladrillos, porque debe ser un lugar que los proteja de los elementos como el agua, el sol excesivo o la humedad extrema que podrían en alguna manera mermar su calidad. Además de que permita que los mismos puedan manipularse fácilmente, o sea trasladarse cuando hay que despacharlos o mover de lugar para inventariar y otras tareas.

Esta es una forma de procesamiento del ladrillo en forma industrial pero las etapas suponen las mismas para la fabricación de ladrillos artesanales o manuales que aunque de igual calidad en algunas ocasiones suelen ser irregulares en su forma, pero que igual cumplen las expectativas de construcción y durabilidad para usarlos

en interiores y exteriores, y que se siguen usando en muchos países en vías de desarrollo porque luego del uso del adobe, que duraba menos y estaba menos apto para resistir los embates de los elementos, el ladrillo sigue siendo hoy en día uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo.

3. FASE DE ANÁLISIS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Un instrumento importante en la elaboración, fortalecimiento y embellecimiento de una obra, es el ladrillo, este es el elemento ideal para construir, porque reúne una serie de factores que van encaminados a la protección del hombre como son la resistencia a la compresión, baja conductividad térmica, aislante acústico, absorción de agua, resistencia al fuego y durabilidad.

Con el ladrillo se obtiene una gran ventaja al iniciar una obra material. Esa pieza cerámica es tan importante que se inició hace muchos siglos y todavía se mantiene, con el paso de los años ha cambiado la forma de fabricación del ladrillo y se ha ido evolucionando en la construcción.

Es mejor construir con ladrillo que con aluminio, pues éste último es el mejor conductor de temperatura. Si hace frío, se enfría y si hace calor, se recalienta, cosa que no acontece con el ladrillo, que tiene más resistencia mecánica.

Se hace necesario desarrollar un ladrillo modular ecológico, que cumpla con unas necesidades específicas, para ser usado en la construcción de vivienda urbana y rural de las clases menos favorecidas del país, realizando los estudios y pruebas necesarias para llegar a la propuesta de un módulo formal que cumpla todas las necesidades que requiere una pared o muro de una vivienda.

3.2 NTC 5324 BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES, DEFINICIONES ESPECIFICACIONES, MÉTODOS DE ENSAYO, CONDICIONES DE ENTREGA

3.2.1 Generalidades

Objeto

Esta norma define las características generales que deben cumplir los bloques macizos de suelo cemento para muros y divisiones. Describe los ensayos propios para determinar dichas características.

Campo de aplicación

- La siguiente norma se aplica a bloques de suelo cemento destinados a la construcción de muros y divisiones en edificaciones.
- Esta norma se aplica únicamente a los bloques destinados a ser utilizados en edificación u obras que no estén sometidas a las condiciones de hielo y deshielo.
- No se aplica a los bloques obtenidos por extrusión.

Modalidades de aplicación

El fabricante que declare el cumplimiento de su producto respecto a la presente norma o un requisito de la misma, debe estar en condiciones de comprobar que se cumple con las características enumeradas y, en particular, que se han determinado conforme a los ensayos correspondientes.

3.2.2 Definiciones de los productos

Bloques de suelo cemento para muros y divisiones Los bloques de suelo cemento (BSC) son productos de forma generalmente paralelepípeda estabilizados con cemento para conseguir o desarrollar las características particulares del producto. Los bloques se obtienen por compresión estática o dinámica del suelo en estado húmedo, seguido de un desmolde inmediato. Estos bloques son generalmente instalados con juntas de mortero, que sirve para la construcción de muros y divisiones.

Bloques corrientes Bloques utilizados para construir las partes llenas de los muros o divisiones. Los bloques corrientes pueden ser suministrados enteros o partes del mismo.

Los bloques no tienen perforaciones y las dimensiones más corrientes son 14cm x 9,5cm x 29,5 cm y 22cm x 9,5cm x 22 cm.

Bloques accesorios Bloques de estructura interna diferentes a los bloques corrientes los cuales están asociados para la realización de elementos particulares de mampostería tales como: amarre vertical, dinteles, etc.

Bloques de paramento Bloques en los cuales la o las caras vistas están fabricadas de manera que permita construir el paramento del muro o división.

3.3.3 Definiciones

Superficie de postura Superficie superior del bloque en posición en obra, que recibe la capa de mortero destinada a construir la junta horizontal superior.

Superficie de apoyo Fase inferior del bloque en la posición en obra, que permite el apoyo sobre el mortero inferior, constituyendo la junta horizontal inferior.

Junta continua Junta de mortero extendida de manera continua de un paramento a otro.

Junta discontinua Junta de mortero que presenta uno o varios vacíos paralelos a los paramentos, sobre todo a lo largo del bloque (junta horizontal) o sobre toda su altura (junta vertical).

Sección bruta (SB) Superficie obtenida multiplicando las dos dimensiones efectivas, espesor y largo, medidas en una misma sección horizontal.

Sección neta (SN) Superficie en una sección horizontal de bloque de suelo cemento, restando los huecos.

Excepto indicaciones contrarias, las expresiones 'sección bruta' y 'sección neta' se refieren a las secciones mínimas susceptibles de ser obtenidas en el bloque.

Sección de apoyo (SA) Superficie común de las partes de la cara de pega y de la cara de apoyo sobrepuestas a las juntas de mortero y susceptibles de transmitir las cargas.

Dimensiones de coordinación modular Estas dimensiones son las dimensiones de coordinación modular del bloque en el muro ya terminado.

Para obtenerlas, se suma a las dimensiones de fabricación del bloque el espesor de las juntas y, eventualmente, las de los pañetes si estos bloques están destinados a ser pañetados.

Estas dimensiones de coordinación son determinantes para el ensamble de bloques entre ellos o con elementos vecinos.

Dimensiones de fabricación Dimensiones de base en donde en donde las medidas o las cotas son datos de entrada para los diseño de fabricación.

Dimensiones efectivas Dimensiones tomadas directamente de los bloques.

Masa volumétrica nominal del suelo comprimido de los bloques Masa volumétrica nominal del suelo comprimido de los bloques especificada por el fabricante.

Fisura Hendidura a lo largo, ancho o en cualquier sentido que compromete todo el espesor de un panel o de un muro.

Microfisura Fisura fina en donde el espeso no sobrepasa 1mm que compromete o no, todo el espesor de una pared o un producto.

Aspecto de paramento El aspecto de las caras del paramento es el obtenido directamente del desmolde (bloques brutos de desmolde).

Bloques brutos de desmolde El aspecto del paramento de los bloques brutos de desmolde está definido por referencias a los ejemplos que vienen a continuación (lista no limitada):

- Bloque de cara(s) plana(s): Cada cara de paramento es plana.
- Bloques con relieve: Bloques donde por lo menos una de las caras vistas presenta un motivo regular o no, obtenido directamente en el momento de la compresión.

Estado de la superficie El estado de la superficie es función de la granulometría de los agregados. Convencionalmente está definido por referencia como viene a continuación:

- Agregado fino: cuando el límite superior D de la clase granular de los agregados es inferior o igual a 4.
- Agregado grueso: cuando D es superior a 4.

3.2.3 Clasificación Se distinguen cinco categorías del bloque suelo cemento:

- a) Categoría O: Bloques ordinarios destinados a estar recubiertos por una protección cualquiera.
- b) Categoría P: Bloques de paramento destinados a quedar expuestos.
- c) Categoría S: Bloques destinados a ser utilizados en medio seco, teniendo una resistencia despreciable en compresión húmeda.
- d) Categoría H: Bloques destinados a ser utilizados en medio húmedo, que alcanza un valor de resistencia mecánica húmeda al menos igual a una de las clases de resistencia definidas.
- e) Categoría A: Bloques aptos a ser expuestos a riesgos de abrasión resultantes de la actividad humana, que alcanza una resistencia a la abrasión por lo menos igual a una de las clases definidas.

En cada categoría los bloques están clasificados según dos criterios:

- La resistencia mínima mecánica a la compresión seca.
- El coeficiente de capilaridad.

Según su resistencia mecánica mínima a la compresión seca llevada a la sección bruta y expresada en MPa, los bloques están clasificados en una de las clases de resistencia definidas:

- BSC 20

- BSC 40
- BSC 60

Según los valores de coeficiente de capilaridad, los bloques están clasificados en:

- Bloques débilmente capilares
- Bloques poco capilares

3.2.4 Designación La designación de los bloques suelo cemento comprende, en su orden, las indicaciones siguientes:

- BSC (para bloques suelo cemento),
- Categorías de aspecto y textura: O (ordinarias) o P (paramento)
- Clase de resistencia a la compresión seca,
- Categoría de utilización en medio seco (S) o húmedo (H),
- Dimensiones de fabricación expresadas en su orden: espesor – altura – largo (en centímetros),
- Si hay lugar, la clase de capilaridad: “débilmente capilar” o “poco capilar”,
- Si hay lugar, la categoría de aptitud a ser expuesto a riesgos de abrasión (A),
- La referencia a la presente norma.

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS BLOQUES

Aspecto y textura

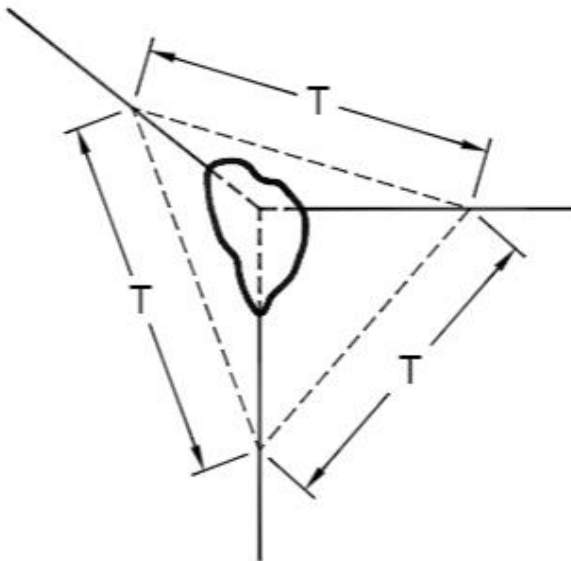
- Los bloques no deben tener defectos aparentes como roturas, fisuras o deformaciones. Sus caras deben ser planas y sus aristas rectilíneas.

- Las caras de paramentos de los bloques no deben presentar defectos aparentes tales como deformaciones
- Los desportillos en las puntas son tolerados si no se extienden por encima de un largo T_1 medido sobre las aristas y con una profundidad T_2 medida también a partir de estas aristas. Las dimensiones T , T_1 , T_2 están dadas en la siguiente tabla e ilustradas a continuación.

Tabla 3. Tolerancia de dimensiones de desportillos en punta y arista

Bloques macizos	T (mm)	T_1 (mm)	T_2 (mm)
Bloques de paramento de grano fino	10	20	5
Bloques ordinarios con textura granulosa	20	30	10

Figura 3. Caso de desportille en punta



Fuente. NTC 5324

- Las caras de bloques de paramento no deben presentar suciedades importantes y duraderas que cubran más de la $\frac{1}{4}$ parte de la superficie. Sin embargo, conviene apreciar, si por su importancia, estas suciedades son o no compatibles con la naturaleza de la obra o construcción a realizar. Un ligero manto blancuzco no se toma en cuenta.
- La textura de la superficie de los bloques destinada a ser pañetada debe ser lo suficientemente rugosa para garantizar adherencia de los pañetes y del mortero de pega.

3.4 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS BLOQUES

Los bloques deben presentar en el momento de la entrega una resistencia a la compresión seca por lo menos igual al valor escogido (ver tabla a continuación)

Tabla 4. Clases de resistencia a la compresión seca

Bloques llenos	BSC 20	BSC 40	BSC 60
Resistencia mínima (R) para la fracción de 0,05 en Mpa	2	4	6

Fuente NTC 5324

3.5 ESTADO DEL ARTE

- Ladrillera Ergo

Figura 5. Clasificación de ladrillos

Tipo de Ladrillo	H7	H10	H12	H15	H10 1/2
Medida	7 X 20 X 30	10 x 20 x 30	12 X 20 X 30	15 X 20 X 30	10 X 15 X 20
Peso	4 1/2	6 1/2 kg	7 1/2	8 1/2	3,25 kg
Ejemplo Ladrillo					

Fuente: LADRILLERA ERGO Clasificación de ladrillos [en línea] disponible en: http://www.ladrilleraergo.com/tipos_lad.html

Dirección: Gerencia: Cra 16 # 22-44 Telefax: 6338892-6337107 / Planta: Girón, Vía Antigua a Zapatoca Telefax: 6592220-6599191.

- Arcillas de Colombia, S.A.

Figura 6. Productos



Fuente: ARCILLAS DE COLOMBIA [en línea] Disponible en: <http://www.arcillasdecolombia.com/>

Tabla 5. Ladrillo Tipo A

PRODUCTO	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	PESO (kg)
Adoquín de 3cm	10	20	3	1,4
Adoquín de 5cm	10	20	5	2,2
Adoquín de 6cm	10	20	6	2,6

Tabla 6. Bloque Tradicional y Estándar

PRODUCTO (BLOQUE)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	PESO (kg)
No 4 estándar	10	20	30	5
No 5 estándar	12	20	30	5,6
No 4 tradicional	9	22	32	5,8
No 5 tradicional	11	22	32	6

Tabla 7. Estructural y portante

PRODUCTO	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	PESO (kg)
Estructural	12	24	6	2,2
Estructural	12	24	7	2,6
Portante	12	29	8	3,6
Portante	12	29	18	7,2

Tabla 8. Rejilla

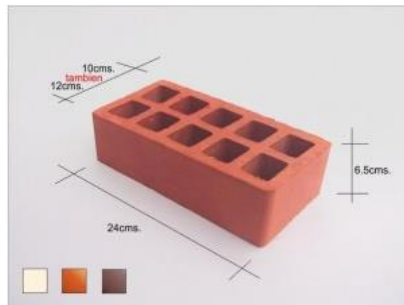
PRODUCTO	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	PESO (kg)
Rejilla No 6	24	12	6	2,2
Rejilla No 7	24	12	7	2,6

Dirección: Vía Zipaquirá - Ubaté Km 5 entrada Cogua, Cundinamarca, Colombia
Tel (571) 850-2043 / 854-8231 Fax (571) 854-8226.

Km 6 vía Ubaté, Vereda El Olivo Cogua, Cundinamarca, Colombia
Fax (571) 854-8990.

- Ladrillera san Benito

Figura 7. Productos



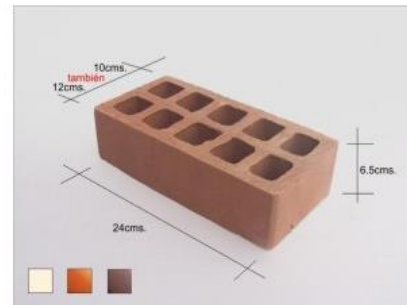
LADRILLO LIMPIO

Dimensión:

6.5cms. x 10cms. – 12cms. x 24cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

54 Unid / m2.



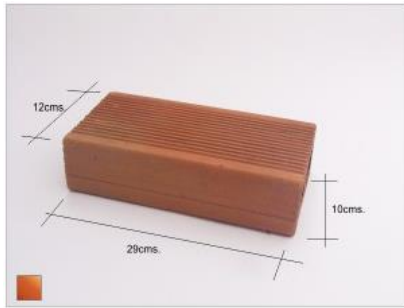
LADRILLO LIMPIO

Dimensión:

6.5cms. x 12cms. x 24cms.

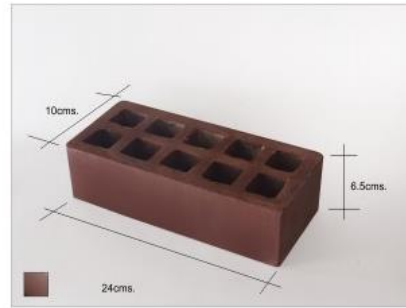
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

54 Unid / m2.



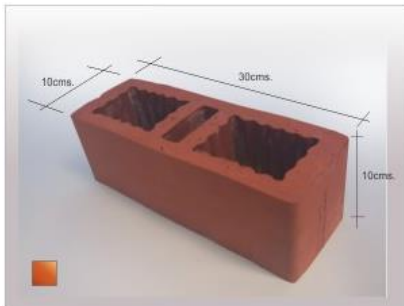
LADRILLO LIMPIO CATALÁN

Dimensión:
10cms. x 12cms. x 29cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
33 Unid / m2.



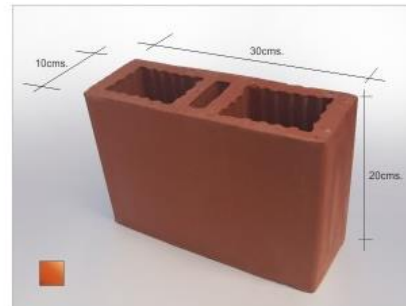
LADRILLO LIMPIO CHOCOLATE

Dimensión:
6.5cms. x 10cms. x 24cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
54 Unid / m2.



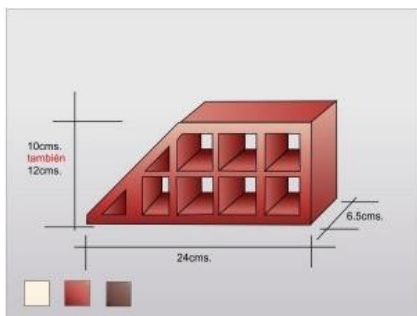
LADRILLO LIMPIO PERFORACIÓN VERTICAL

Dimensión:
10cms. x 10cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
33 Unid / m2.



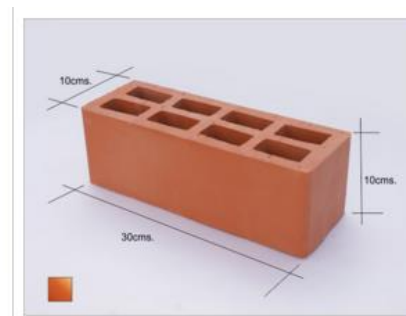
LADRILLO LIMPIO PERFORACIÓN VERTICAL

Dimensión:
20cms. x 10cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



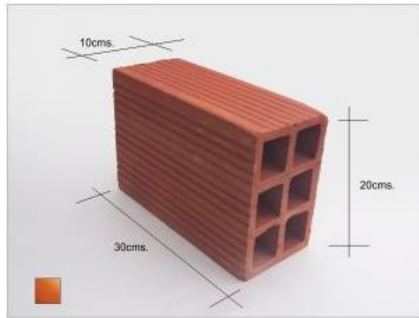
LADRILLO LIMPIO DESPUNTADO RECTO

Dimensión:
6.5cms. x 10 O 12cms. x 24cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
Según instalación (14 Unid / ml.)



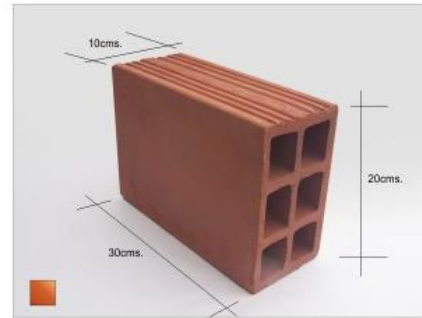
LADRILLO LIMPIO 10x10x30 8 HUECOS

Dimensión:
10cms. x 10cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
33 Unid / m2.



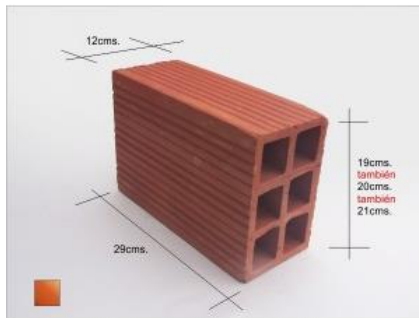
LADRILLO FAROL RAYADO

Dimensión:
10 cms. x 20cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



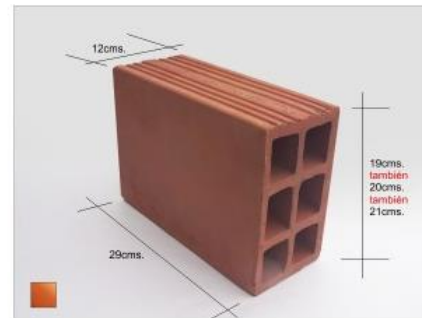
LADRILLO FAROL LISO

Dimensión:
10cms. x 20cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



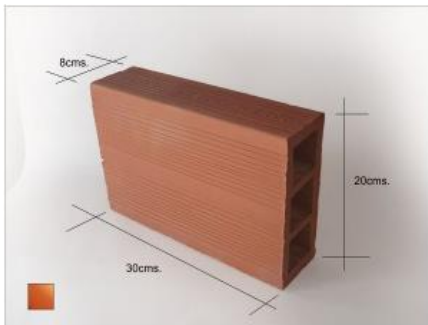
LADRILLO FAROL RAYADO

Dimensión:
12cms. x 19 – 20 – 21cms. x 29cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



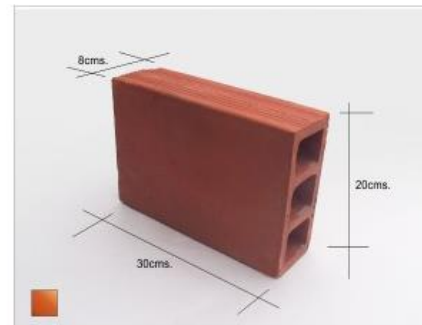
LADRILLO FAROL LISO

Dimensión:
12cms. x 19 – 20 – 21cms. x 29cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



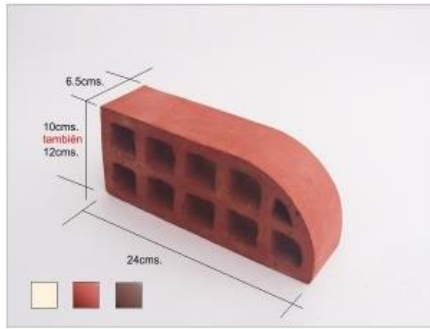
LADRILLO FAROL RAYADO

Dimensión:
8cms. x 20cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



LADRILLO FAROL LISO

Dimensión:
8cms. x 20cms. x 30cms.
Rendimiento con dilatación de 1 cm.:
15 Unid / m2.



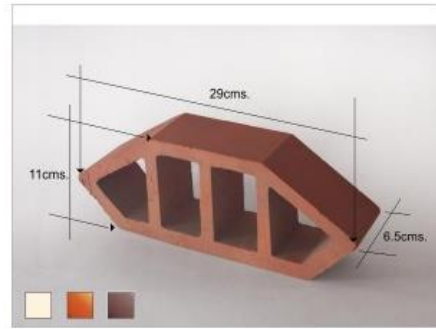
LADRILLO ESPECIAL CONVEXO

Dimensión:

6.5cms. x 10 – 12cms. x 24cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

54 Unid / m2.



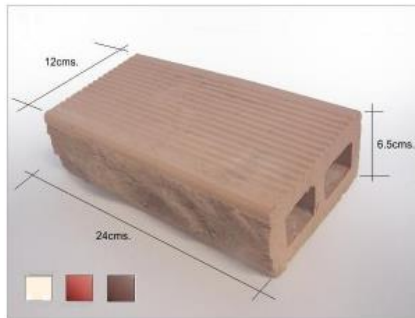
LADRILLO CURVO ESPECIAL GRANDE

Dimensión:

6.5cms. x 11cms. x 29cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

4 Unid / vuelta



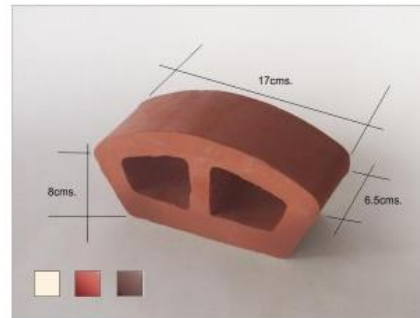
LADRILLO ABUZARDADO

Dimensión:

6.5cms. x 12cms. x 24cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

54 Unid / m2.



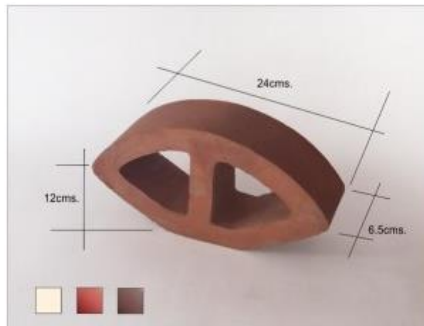
LADRILLO CURVO PEQUEÑO

Dimensión:

6.5cms. x 8cms. x 17cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

Según Diámetro



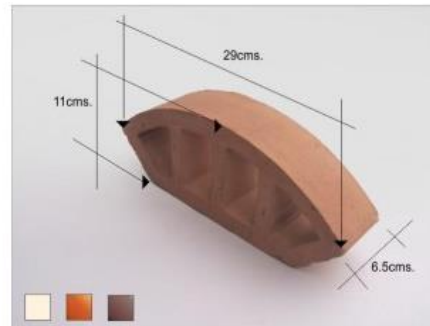
LADRILLO CURVO MEDIANO

Dimensión:

6.5cms. x 12cms. x 24cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

3 Unidades /vuelta



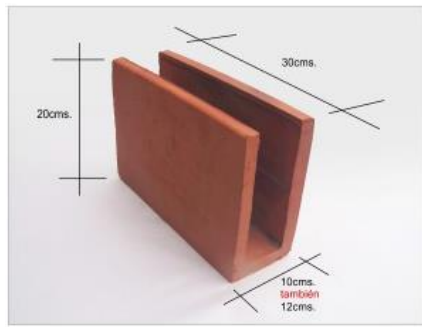
LADRILLO CURVO GRANDE

Dimensión:

6.5cms. x 11cms. x 29cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

4 Unidades /vuelta



LADRILLO BLOQUE VIGA

Dimensión:

10 – 12cms. x 20cms. x 30cms.

Rendimiento con dilatación de 1 cm.:

3.3 Unid / ml

Fuente, LADRILLERA SAN BENITO Productos [en línea] Disponible en:
http://www.ladrillerasanbenito.com/?page_id=235

Dirección: Exhibición y Ventas Autopista Sur Cra. 35 No. 10-06 y 10-07 -
Teléfonos: 330 0662 - 330 0664 FAX: 336 8119 CALI – COLOMBIA Cels: 315
5951971 - 315 4873157 planta: Vereda Vuelta Larga Teléfonos: 5222775 -
5222778 FAX: 5222776 Puerto Tejada (cauca) – Colombia

3.6 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Recopilación de las necesidades

Funcionales

- Bajo consumo de cemento en la construcción
- Fácil ensamble entre módulos
- Fácil almacenaje
- Resistencia a condiciones ambientales
- Resistencia mecánica del módulo

- Fácil fabricación y construcción del muro

Requisitos de seguridad

- Cumplimiento de la norma NTC 5324
- La tierra debe cumplir con unas características específicas para la elaboración de los módulos
- El murete debe soportar la carga para la construcción de un nivel

Técnico productivo

- Adecuación y uso de la tierra donde se va a construir la vivienda

- Curado necesario de los módulos
- uso de herramientas disponibles en el lugar
- uso de CINVA-RAM

Estéticos y simbólicos

- sensación de equilibrio y seguridad
- acabados (aplicación de pañete)
- identidad visual del programa

4. FASE DE DISEÑO

Para dar inicio a la fase de diseño y construcción de los módulos fue necesario la construcción de una maquina prensa CINVA-RAM. Esta es el producto de investigación del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) con sede en Colombia, para producir materiales de construcción de bajo costo. De esta investigación nació la prensa CINVA-RAM, nombrada así por el Centro Interamericano de Vivienda y por el apellido del desarrollador, Ing. Raúl Ramírez, con la que se produce el bloque de tierra comprimido. Desde los años 80 ha tenido gran difusión en todo el mundo.

La CINVA-RAM tiene las siguientes características:

- peso: 70 kg
- altura y ancho de la base: 25 cm X 41 cm X 51 cm
- aplicación de la fuerza de la palanca: 38 kg
- presión producida por la fuerza de la palanca: 18 kg
- fuerza de resistencia a la compresión: 280-560 kgm²
- Tamaño del bloque: 29 X 14 X 9 cm
- Costo: \$1,500.000

Figura 8. Partes CINVA-RAM



Figura 9. Imagen preparación de las partes



Figura 10. Ensemble CINVA-RAM



Figura 11. CINVA-RAM



4.1 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

La generación de concepto inicia tras el estudio, investigación y análisis de los bloques existentes en el mercado para posteriormente realizar bocetos y ensayos de diferentes alternativas.

La elaboración de todas las alternativas parte de un módulo dado por la CINVA-RAM con las siguientes características peso 16.5 lb, volumen 29 X 14 X 9 cm. El cual se someterá a operaciones de diseño para generar alternativas.

Figura 12. Bloque CINVA-RAM



4.1.1 Alternativa 1

Figura 13. Boceto alternativa 1

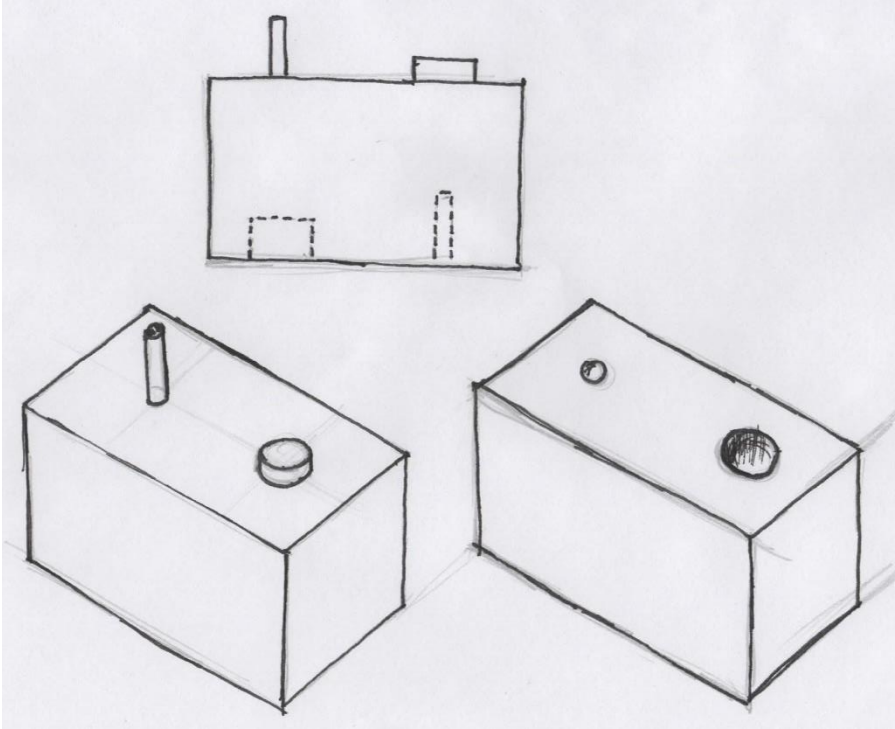


Figura 114. Boceto alternativa 1

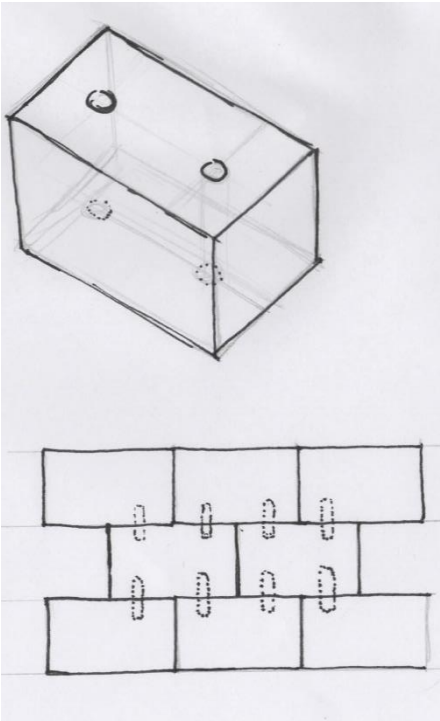


Figura 15. Boceto alternativa 1

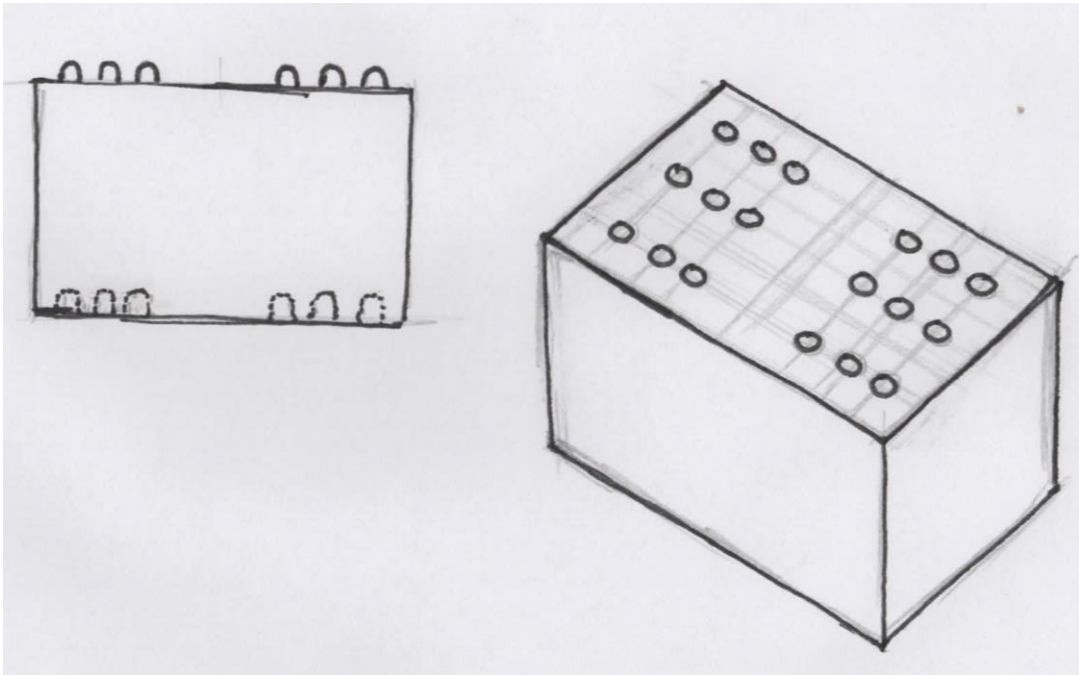
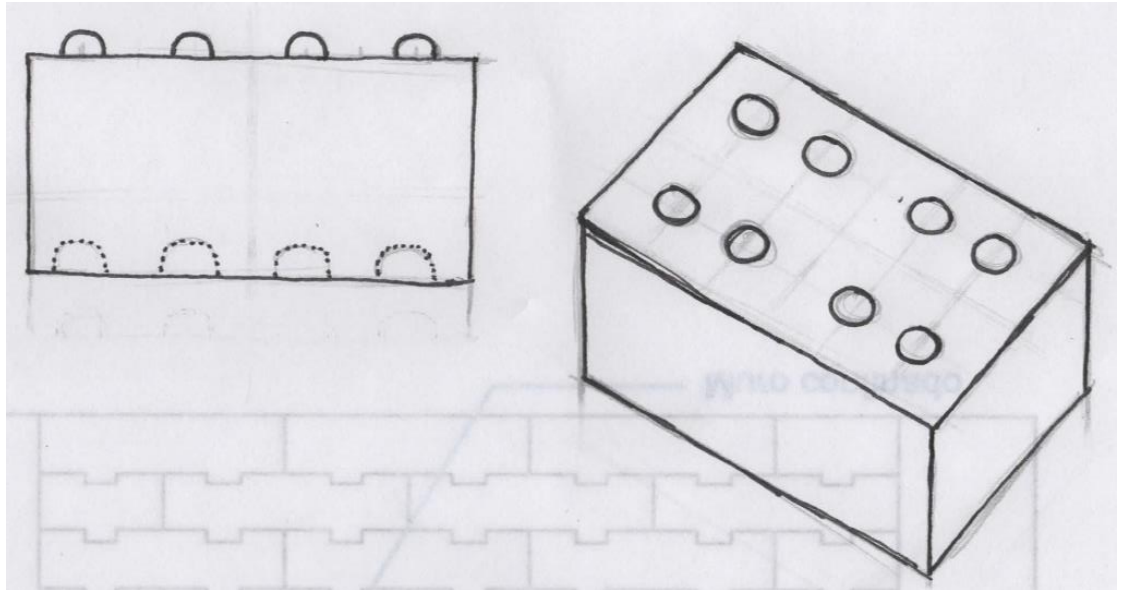


Figura 16. boceto alternativa 1



En esta alternativa se le realizan unas pequeñas protuberancias al bloque con el fin de que se puedan anclar entre ellos para poder construir un muro sin necesidad de usar algún tipo de mortero. El boceto final solo se dejan 8 protuberancias por el tamaño del bloque, es un tamaño estandar que dicta la CINVA-RAM, por que con 12 protuberancias el espacio entre ellas es muy reducido lo que hace complicado el momento de desmoldar el bloque y hace perder resistencia al mismo.

4.1.2 Alternativa 2

Figura 17. Boceto alternativa 2

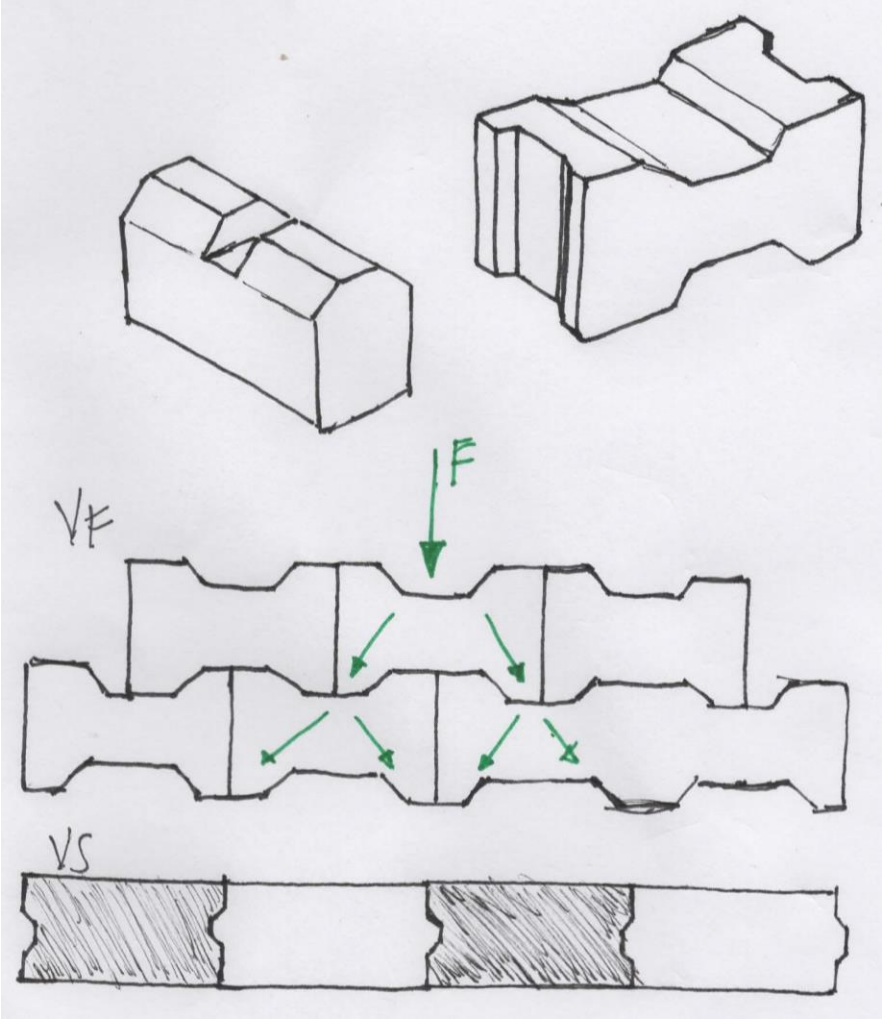


Figura 18. Boceto alternativa 2

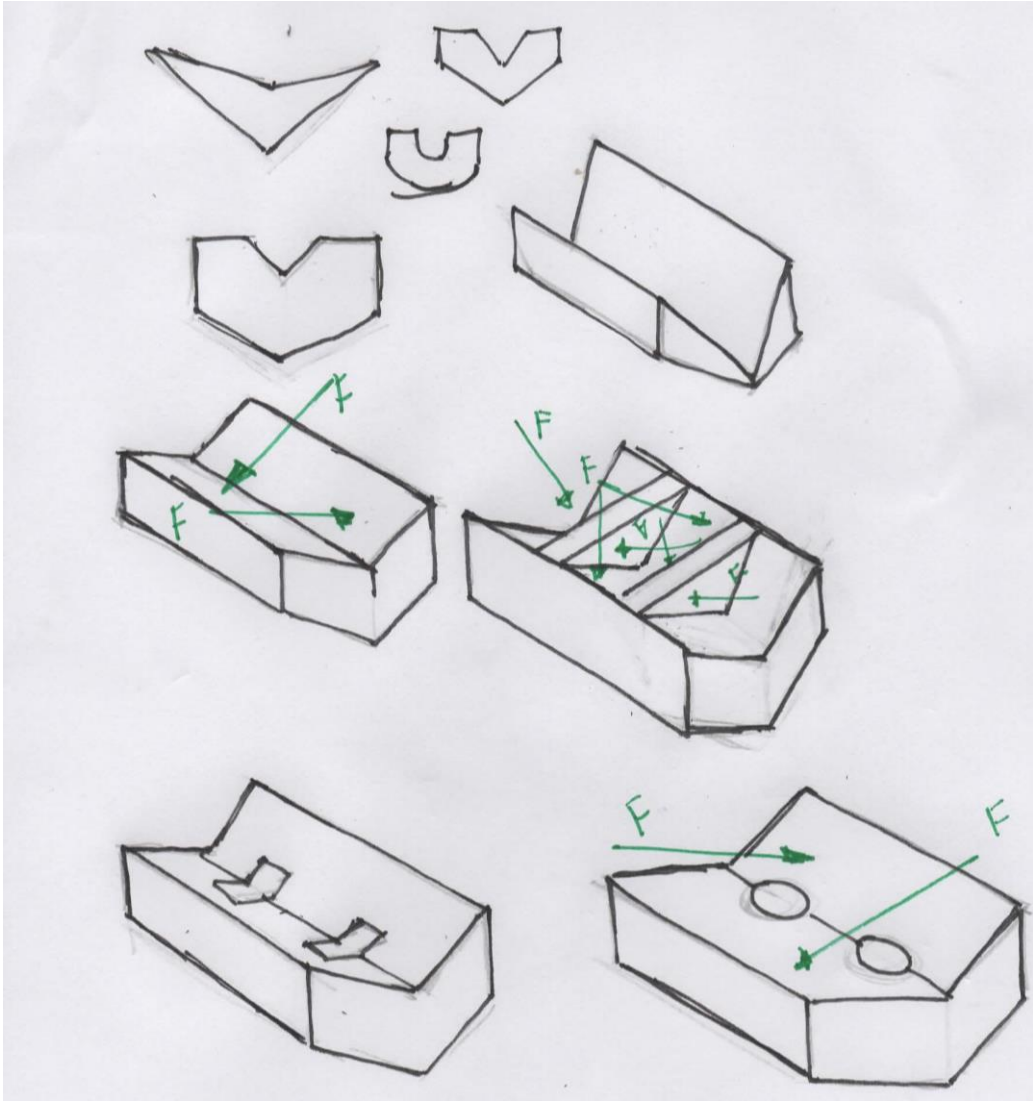


Figura 19. Boceto alternativa 2

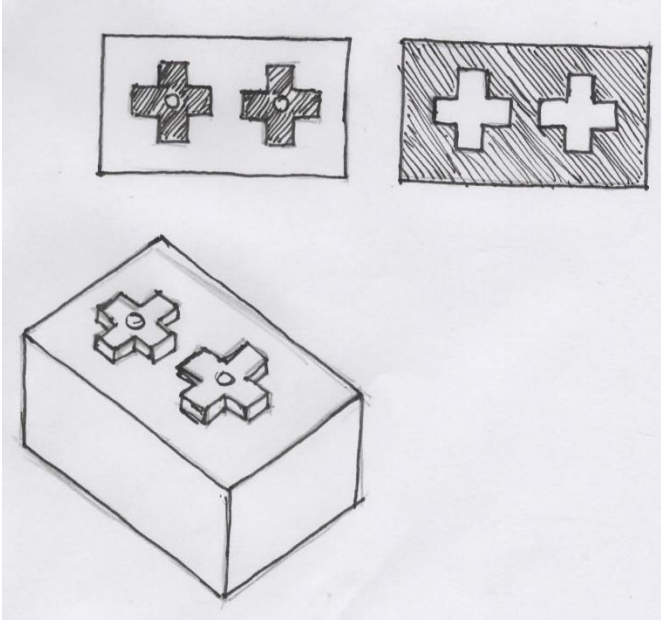


Figura 20. Boceto alternativa 2

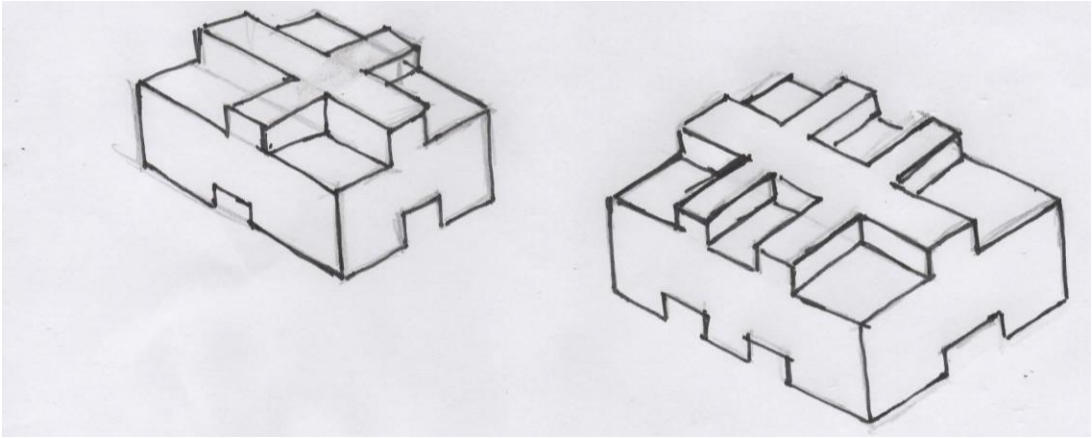
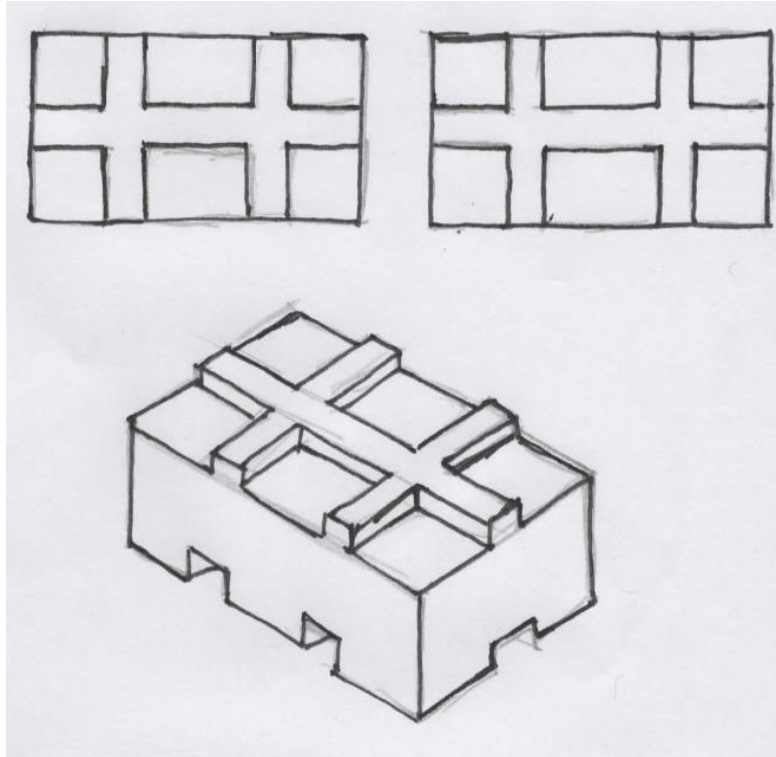


Figura 21. Boceto alternativa 2



En esta alternativa se trabaja el principio de ensamble “caja y espigo” con el fin de tener mayor estabilidad de los bloques al momento de ser ensamblados para formar un muro. Se realiza el ensamble que abarque la mayor área del bloque, con el fin de ofrecer mayores ventajas físicas y mecánicas en el muro.

4.1.3 Alternativa 3

Figura 22. Boceto alternativa 3

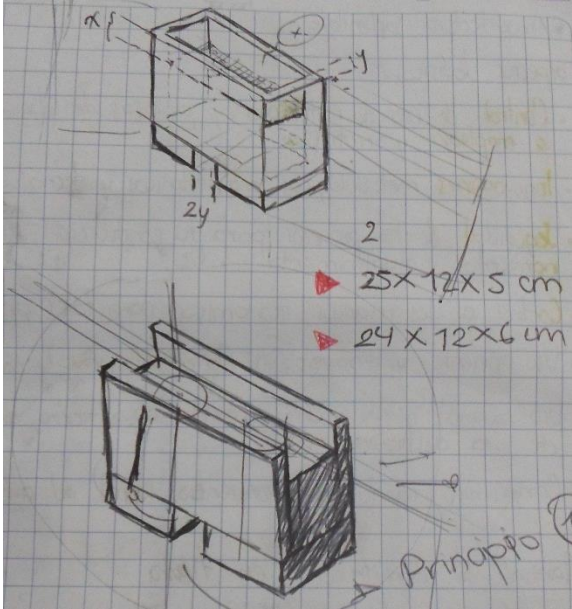


Figura 23. Boceto alternativa 3

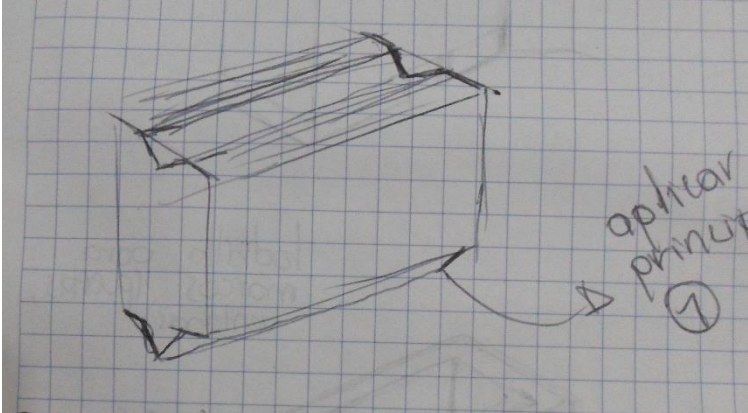


Figura 24. Boceto alternativa 3

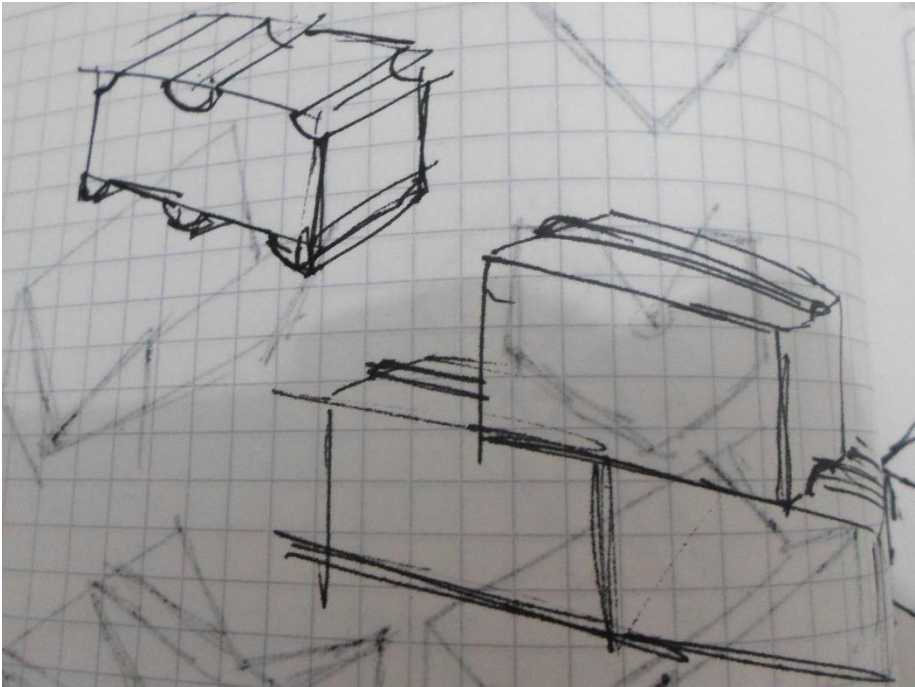
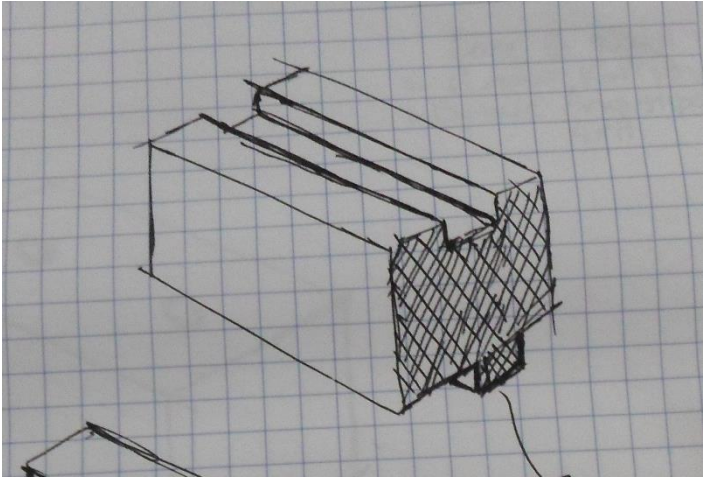


Figura 25. Boceto alternativa 3



En esta alternativa se trabaja también el principio de “caja y espigo” pero en este caso se da libertad de movimiento al momento de ubicar de manera vertical y horizontal, permitiendo al constructor ubicarlos como desee.

4.2 SELECCIÓN DE CONCEPTO

En la selección del concepto se realizó un proceso para evaluar las necesidades del usuario o cliente que requiere los BT (bloques de tierra). Para la evaluación de conceptos fue necesario la construcción física de cada alternativa, con el fin de poder evaluar de una manera más precisa cada una. Se calificó de uno a cinco cada requerimiento siendo cinco la puntuación más alta y uno la más baja. De este modo se obtuvo una escala cuantitativa que permite comparar entre si las alternativas para posteriormente seleccionar y fabricar una.

4.2.1 Elaboración de los bloques. Inicialmente se expuso información que da cuenta de las propiedades de la tierra, extraída de material académico.

4.2.1.1 La tierra como material de construcción: La tierra usada como material de construcción se le ha dado diferentes nombres. Se denomina barro a la mezcla de arcilla, limo (arena muy fina), arena, agregados mayores como gravilla o grava. Cuando se habla de bloques de tierra arcillosa hechos a mano se emplea por lo general el termino de bloques de barro o adobe, cuando se habla de bloques comprimidos se emplea el termino de bloques de suelo, cuando son extruidos en una ladrillera y no son cocidos se emplea el termino ladrillo crudo.

En comparación con materiales industrializados comunes el barro tiene tres desventajas:

- El barro no es un material de construcción estandarizado: su composición depende del lugar de donde se extrae puede contener diferentes cantidades y tipos de arcilla, limo arena y agregados. Por eso sus características pueden variar de lugar a lugar y la preparación de la mezcla correcta para una aplicación específica puede variar también. Resulta necesario saber la composición específica del barro para poder juzgar sus características y modificarlas con adictivos si fuera necesario.
- El barro se contrae al secarse: a través de la evaporación del agua de amasado (necesaria para activar la capacidad aglomerante de la arcilla y para poder ser manipulado) pueden aparecer fisuras. La retracción lineal durante el secado oscila entre 3-12% en técnicas de tierra húmeda (como las que se usan para morteros y bloques de barro) y entre 0,4-2% en las técnicas de mezclas secas (utilizadas para tapial o bloques compactados). La retracción se puede disminuir reduciendo la cantidad de agua y arcilla, optimizando la composición granulométrica o mediante el empleo de adictivos (cal o cemento).
- El barro no es impermeable: el barro debe ser protegido contra la lluvia y las heladas en especial en estado húmedo. Las paredes de tierra pueden con aleros, barreras impermeabilizantes, tratamientos de superficies.

Ventajas del barro como materia de construcción:

- El barro tiene la capacidad de absorber y perder humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción. Se ha demostrado que cuando la humedad relativa en un ambiente aumenta súbitamente de un 50% a 80% los bloques de barro pueden absorber 30 veces más humedad que los ladrillos cocidos en un lapso de dos días. Aun cuando se colocan en una cámara climática a 95% de humedad relativa durante seis meses los adobes se humedecen pero no se ablandan.

- El barro almacena calor: al igual que otros materiales densos el barro almacena calor. En zonas climáticas donde las diferencias de temperaturas son amplias, o donde es necesario almacenar la ganancia térmica por vías pasivas, el barro puede balancear el clima interior.
- El barro ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental: el barro prácticamente no produce contaminación ambiental en relación con otros materiales de uso frecuente, para preparar, transportar y trabajar el barro en el sitio se necesita solo 1% de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración de hormigón armado o ladrillos cocidos.
- El barro es reutilizable: el barro crudo se puede volver a utilizar inmediatamente. Solo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado.
- El barro economiza materiales de construcción y costos de transporte: generalmente el barro que se encuentra en la mayoría de las obras producto de la excavación de cimientos puede ser usado para la construcción. Si este no contiene suficiente arcilla esta será añadida y si contiene mucha arcilla deberá mezclarse con arena lo que significa modificar la composición del barro. En comparación con otros materiales de construcción se puede reducir el costo si se utiliza el suelo excavado. Aun cuando este deba ser transportado de otros lugares resulta usualmente más económico que los materiales industriales.
- El barro es apropiado para la construcción: las técnicas de construcción en tierra pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción, es suficiente con la presencia de una persona experimentada controlando el proceso de construcción. Estas técnicas de construcción son ideales para trabajos de autoconstrucción porque se puede ejecutar con herramientas

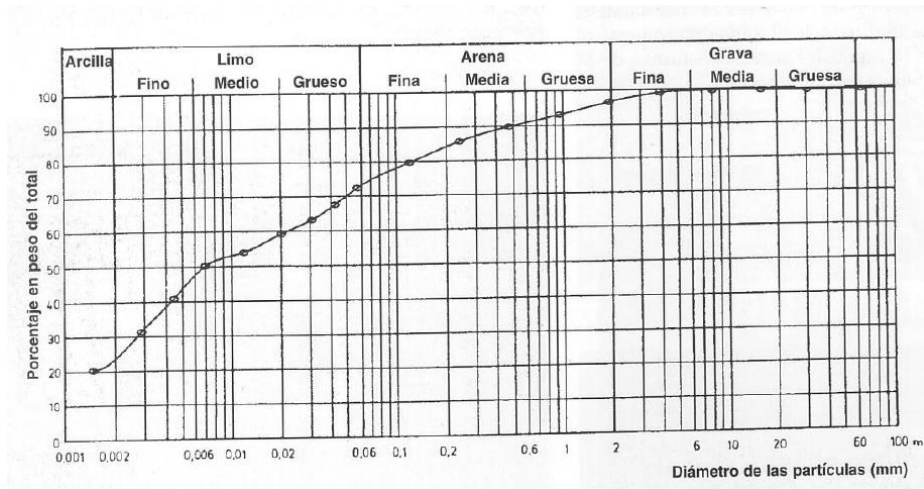
sencillas y económicas, pero al mismo tiempo estas técnicas son más trabajosas en su ejecución.

- El barro preserva la madera y otros materiales orgánicos: el barro conserva los elementos de madera y los preserva cuando está en contacto directo con él, debido a su bajo equilibrio de humedad 0.4 a 6% en peso y a su alta capilaridad. Los insectos y hongos no pueden destruir la madera en esas condiciones ya que los insectos necesitan un mínimo de humedad de 14 a 18% y los hongos más de un 20% de humedad (Möhler 1978, p.18). Así mismo, el barro puede preservar pequeñas cantidades de paja dentro de su masa.
- El barro absorbe contaminantes: se ha dicho muchas veces que el barro contribuye a purificar el aire de un ambiente interior pero hasta el momento esto no ha sido científicamente comprobado. Es una realidad que el barro puede absorber contaminantes disueltos en agua. Por ejemplo existe una planta de demostración en Berlín-Ruhleben que remueve fosfatos de 600m³ de aguas residuales diariamente usando suelos arcillosos. Los fosfatos se pegan a los minerales de la arcilla y son extraídos de los residuos. La ventaja de este procedimiento es que no quedan sustancias ajenas en el agua ya que el fosfato se convierte en fosfato de calcio y se puede reutilizar como fertilizante.

Para la fabricación de los bloques se requiere la selección y preparación de la tierra seleccionada. El barro utilizado en las ladrilleras industriales requiere un alto contenido de arcilla con el objetivo de alcanzar suficiente resistencia luego de ser quemado (grafica 5). Cuando un barro de estas características se emplea para la elaboración de ladrillos crudos, se produce problemas de expansión y retracción al mojarse y secarse respectivamente¹.

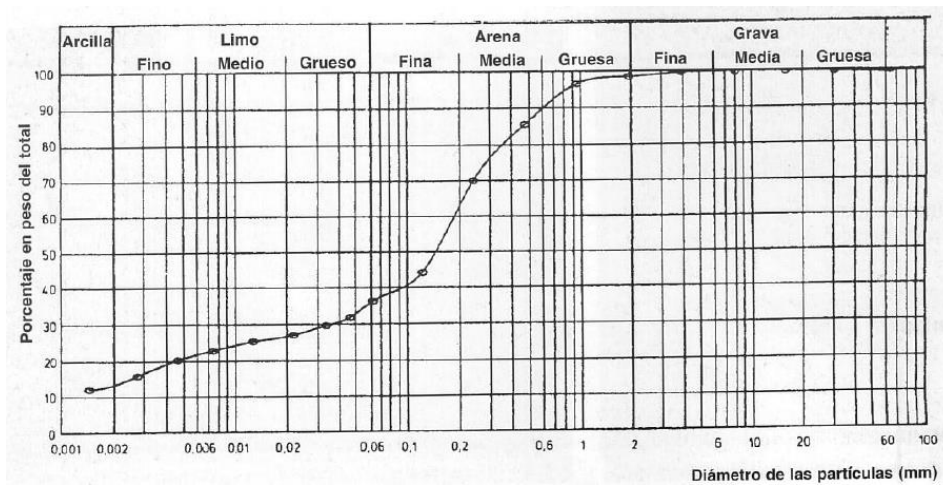
¹ MINKE, Gernot. Manual de Construcción en Tierra. Kassel, Alemania: Editorial Fin de Siglo, 2005. P. 16-19.

Gráfica 1. Curva de la distribución granulométrica del barro utilizado en un ladrillera



Fuente manual de construcción en tierra

Gráfica 2. Curva de la distribución granulométrica optimizada para adobes



Fuente manual de construcción en tierra

Figura 26. Preparación de la tierra



Figura 27. Tierra cernida



Figura 28. Tierra cernida



- Se usó madera sapan para la fabricación de los moldes de las 3 alternativas y se construyó en resina el molde macho de la alternativa uno.

Figura 29. Elaboración del molde alternativa uno



Figura 30. Elaboración del molde alternativa uno



Figura 31. Elaboración del molde



Figura 32. Molde prueba alternativa uno



Figura 33. Moldes alternativa uno



Figura 34. Moldes alternativa dos



Figura 35. Moldes alternativa tres



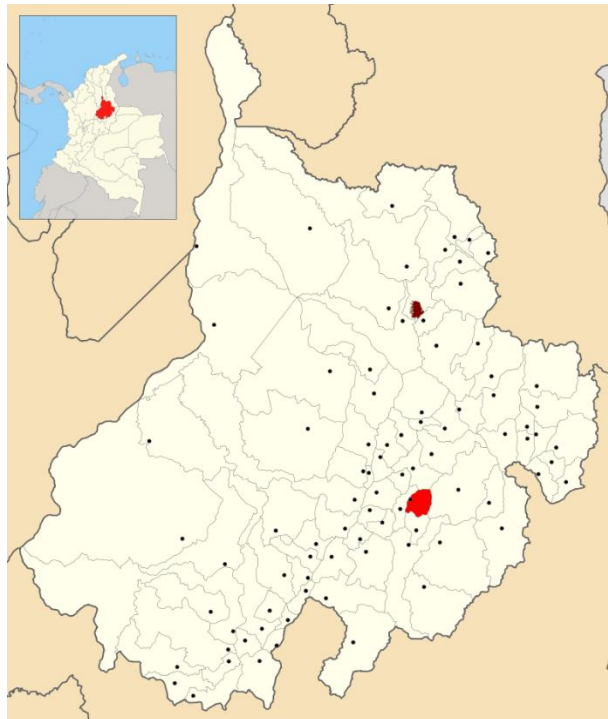
- Preparación de la mezcla: Principalmente el contenido de arcilla es lo que da cohesión a la mezcla. Una gran variedad de suelos son buenos para hacer bloques se deben tener en cuenta las siguientes características:
 1. Una buena proporción de arena para formar el cuerpo del bloque.
 2. Una buena cantidad de partículas finas cohesivas o plásticas (arcilla) para juntar las partículas de arena.
 3. En la mayoría de los suelos existen materias orgánicas. El suelo usado en la elaboración de bloques, debe estar libre de materias orgánicas en la mayor parte posible.

Figura 36. Preparación de la mezcla



Se realizaron tres ensayos de clasificación, límites de consistencia y gradación de la tierra, dando como resultado un 7,03% grava, 23.31% limo, 69.653% finos, límite líquido 42%, límite plástico 22.383%, 19.613% índice de plasticidad (ver ANEXO A). La tierra fue extraída del valle de san José.

Figura 37. Ubicación de Valle de San José en Santander



Fuente WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Vall de San José [en línea] Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Valle_de_San_Jos%C3%A9

Figura 38. Peso de la tierra



Figura 39. Peso del agua



Para la preparación de la mezcla correcta se añadieron cinco kilos de agua por cada veinte kilos de tierra.

Figura 40. Aplicación de agua a la mezcla



Figura 41. Mezcla con agua



Figura 42. Prueba de humedad



Figura 43. Prueba de humedad



La prueba correcta de humedad se aprende fácilmente con un poco de experiencia. Como prueba, se aprieta un puñado de la mezcla (ver figura 40). Si está suficientemente húmeda, conservará la forma en la que se apriete. Si se deja caer de una altura de más o menos metro y medio, debe quebrarse en pequeños pedazos. La mezcla estará demasiado húmeda si el agua escurre fuera de la tapa de la maquina cuando se están prensando los bloques.

La mezcla debe ser usada dentro del término de una hora después que se ha agregado el agua.

La preparación de la tierra, elaboración y almacenamiento de los bloques se realizó en los talleres de diseño. El curado de los bloques fue de veintidós días

Figura 44. Acomodación de los moldes en la bloquera



Figura 45. Llenado de la prensa



Figura 46. Prensado



En el prensado del bloque no se debe aplicar mucha fuerza. Nunca deben prensar dos personas al hacer un bloque, ni tampoco se debe hacer demasiada fuerza como se puede aplicar saltando o dejando caer el peso del cuerpo en la palanca.

Figura 47. Bloque prensado



- Las pruebas de compresión se realizaron en el laboratorio Alvaro Beltrán Pinzón perteneciente a la escuela de civil.

Figura 48. Preparación de los equipos



Figura 49. Preparación de los equipos



Figura 50. Prueba modulo 1



Figura 51. Prueba modulo 1



Figura 52. Prueba modulo 1



Figura 53. Prueba modulo 1



Figura 54. Prueba modulo 1

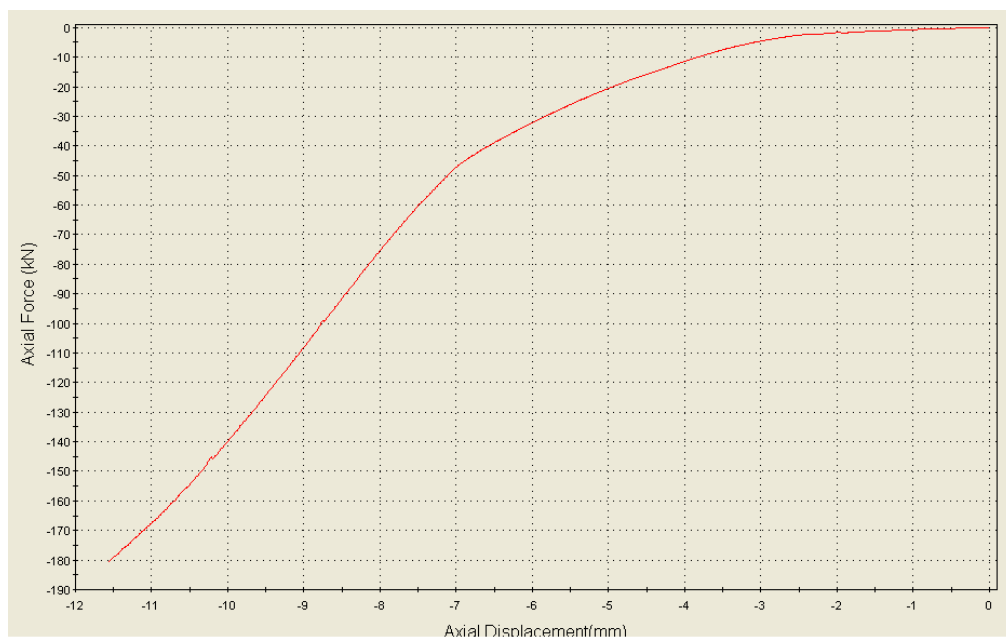


Figura 55. Prueba modulo 1



Se realizo el ensayo de resistencia a la compresión de cinco módulos el peso de cada bloque es de 6,5 lb, se pudo observar que el módulo presenta la principal falla en la mitad debido a que no es completamente horizontal y paralelo al plato inferior sobre el que reposa. El módulo falla facilmente al impacto ya que el ancho del mismo no le proporciona la suficiente resistencia. Su nomenclatura según la NTC 5324 es BSC O 20 S, 14x6x27 cm.

Gráfica 3. Prueba módulo 1.1



Gráfica 4. Prueba módulo 1.2

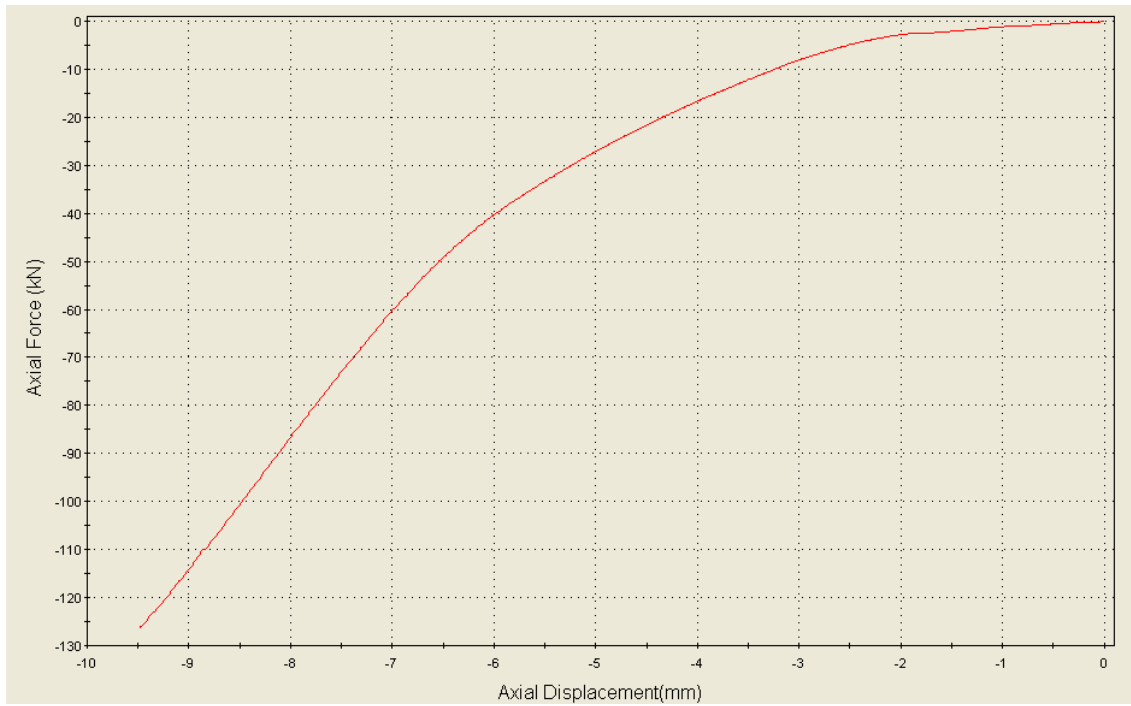


Figura 56. Prueba modulo 2



Figura 57. Prueba modulo 2



Figura 58. Prueba modulo 2



Figura 59. Prueba modulo 2



Figura 60. Prueba modulo 2



Figura 61. Prueba modulo 2



Figura 62. Prueba modulo 2



Figura 63. Prueba modulo 2

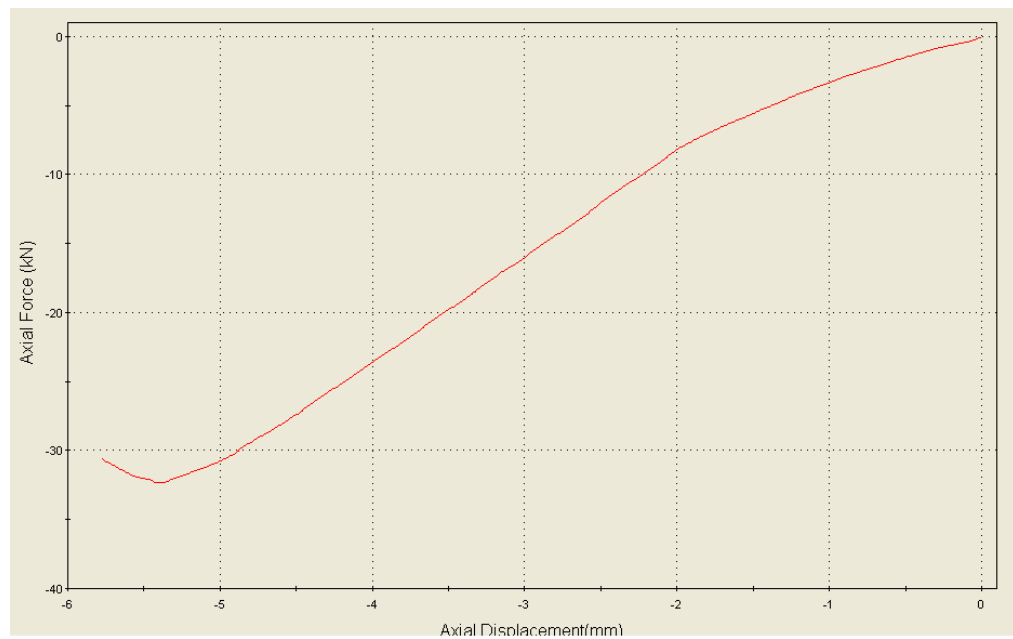


Figura 64. Prueba modulo 2



Se realizo el ensayo de resistencia a la compresión de cinco módulos el peso de cada uno es de 8 lb, se pudo observar que la mayoría de los módulos presentan fallas en las esquinas. El módulo presenta buena resistencia al impacto. Su nomenclatura según la NTC 5324 es BSC O 20 S, 14 X 7.5 X 27 cm.

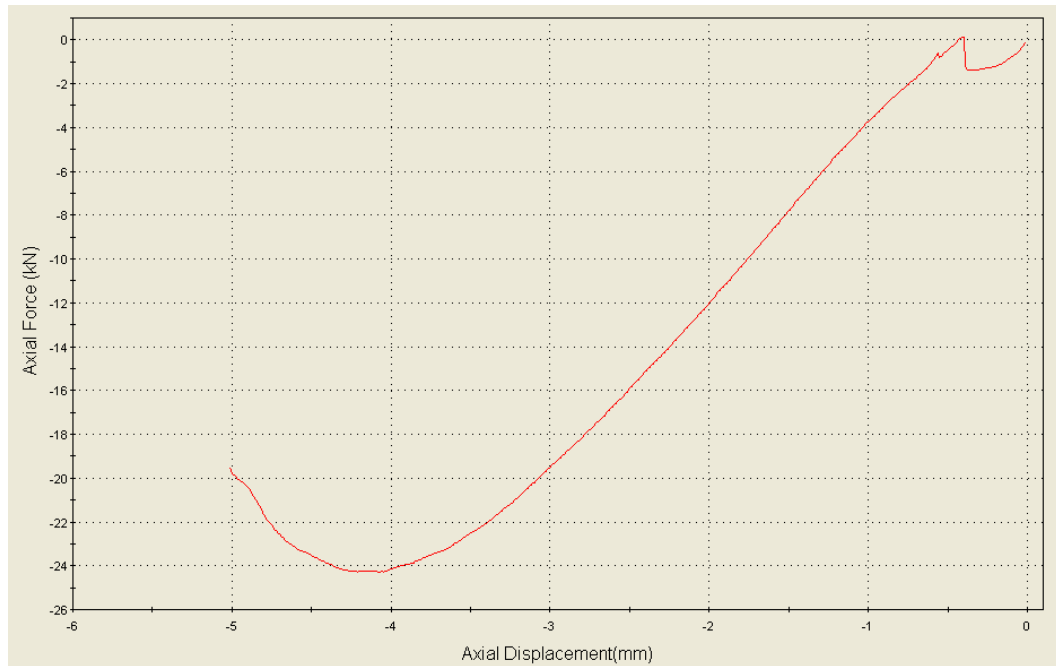
Gráfica 9. Prueba módulo 2.1



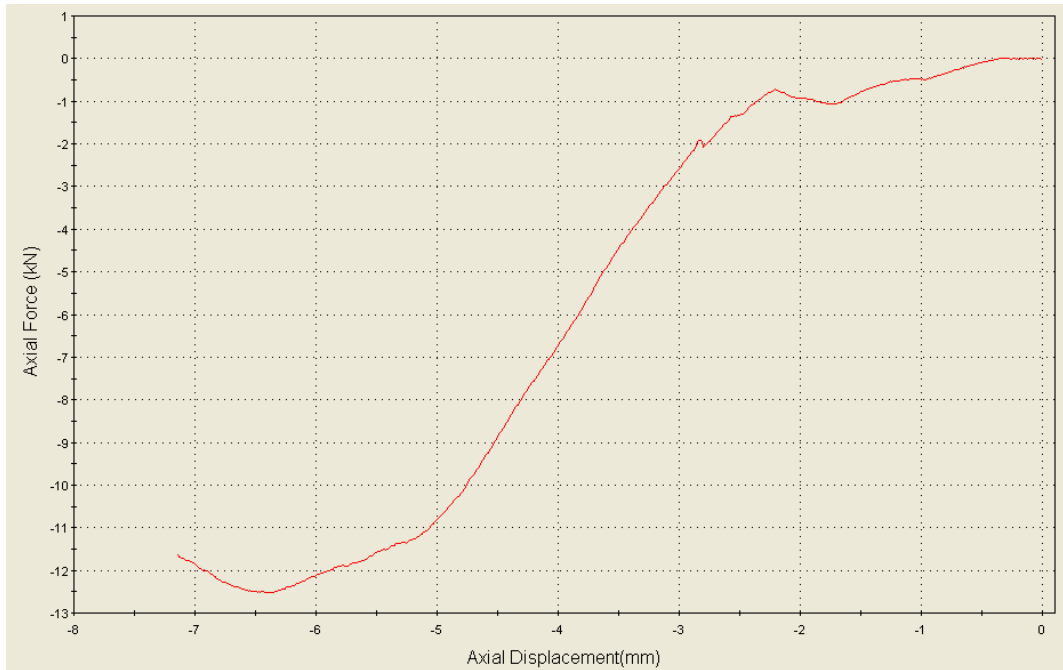
Gráfica 10. Prueba módulo 2.2



Gráfica 11. Prueba módulo 2.3



Gráfica 12. Prueba módulo 2.4



Gráfica 13. Prueba módulo 2.5

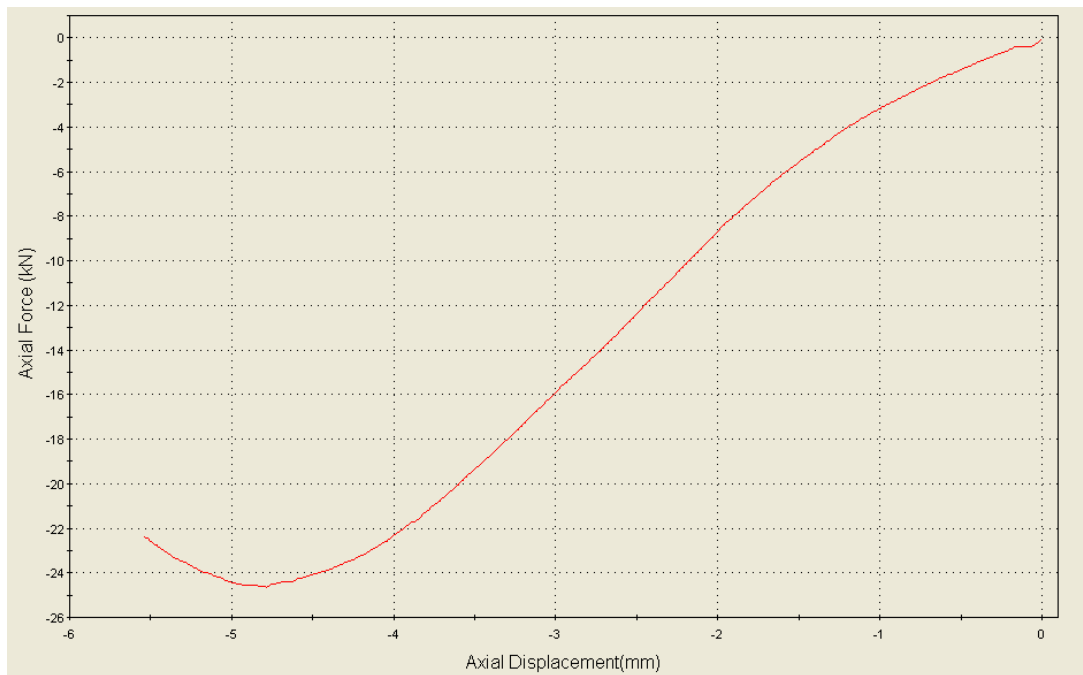


Figura 65. Prueba módulo 3



Figura 66. Prueba módulo 3



Figura 67. Prueba módulo 3



Figura 68. Prueba módulo 3

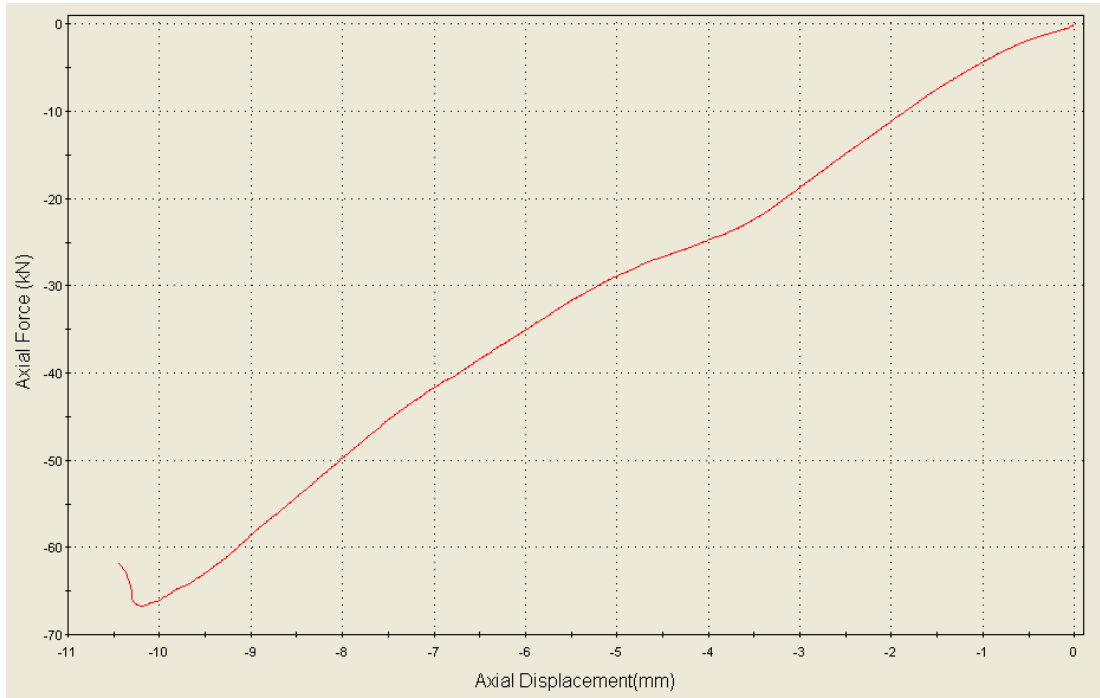


Figura 69. Prueba módulo 3

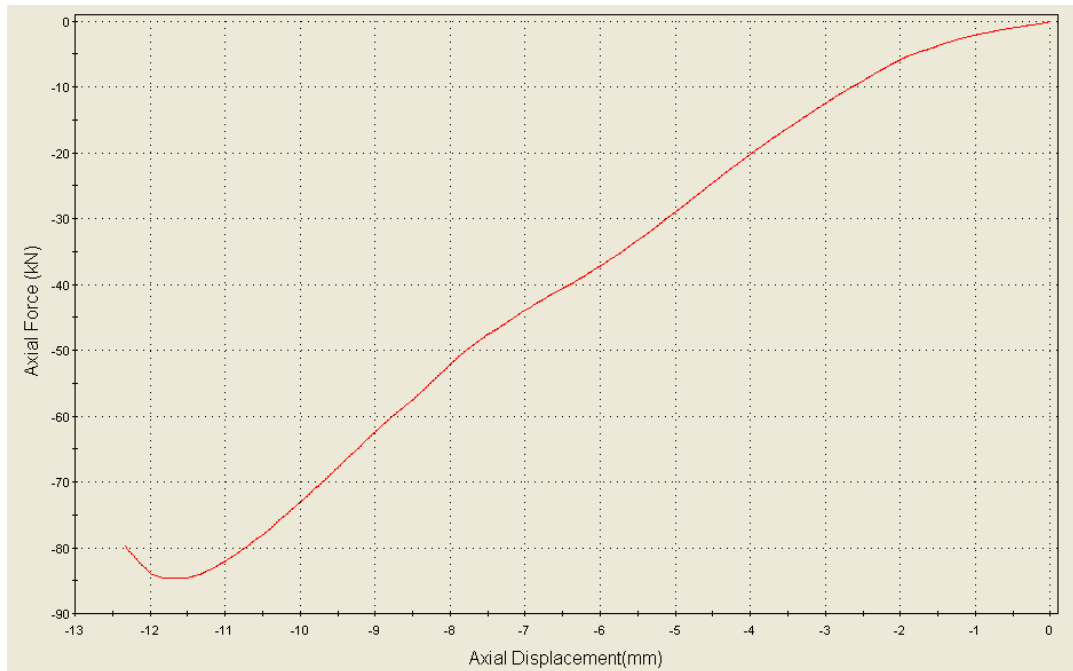


Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de cinco módulos el peso de cada uno es de 7 lb, se pudo observar que los módulos presentan las principales fallas en sus cuatro caras laterales. El módulo presenta buena resistencia al impacto. Su nomenclatura según la NTC 5324 es BSC O 20 S, 14 X 7X 27 cm.

Gráfica 14. Prueba módulo 3.1



Gráfica 15. Prueba módulo 3.2



Gráfica 5. Módulos de ensayo fallados



El barro crudo se puede volver a utilizar infinitas veces. Solo es necesario triturarlo y humedecerlo con agua para ser utilizado nuevamente. El barro por su naturaleza orgánica en comparación con otros materiales no será nunca un escombros que contamine el medio ambiente.

4.2.2 Requerimientos y parámetros

Requerimientos

- Disminuir el volumen estándar del bloque CINVA-RAM
- Disminuir el peso del bloque
- Resistencia a la compresión
- Facilidad de desmolde
- Aumentar el área de contacto del ensamble (fuerzas de acción y reacción)

- Ensamble del supermodulo (aparejo)
- Disminución del uso de mortero en el ensamble del
- Material
- Impermeabilidad del material

Parámetros

- El volumen del bloque debe ser menor a 29 X 14 X 9 cm
- El peso debe ser menor de 16 lb
- La resistencia debe ser menor o igual a 2 Mpa (ver anexo D)
- Se debe realizar la menor fuerza para desmoldar el módulo
- El área de ensamble debe ser mayor a 0 cm
- Los módulos deben ser organizados en soga (lado largo a la vista)
- El grueso del mortero usado entre los módulos debe ser menor a 1 cm
- El material debe tener por lo menos 1/3 parte de arena y 2/3 de arcilla (volumétrica)
- Índice de plasticidad mayor o igual al 18%

4.2.2.1 Evaluación de alternativas

Tabla 9. Evaluación de alternativas

REQUERIMIENTO	MÓDULO UNO	MÓDULO DOS	MÓDULO TRES
Disminución del volumen del módulo	4	4	4
Disminución del peso	5	4	4
Resistencia a la compresión	5	5	5
Facilidad de desmolde	3	3	4
Área de contacto del ensamble	2	4	3
Ensamble del supermodulo	3	5	2
Disminución del uso de mortero en el ensamble	4	4	4
Material	5	5	5
Impermeabilidad del material	4	4	4
TOTAL	35	38	35

La alternativa que obtiene la mayor suma de puntos es la dos, por lo tanto el módulo dos será seleccionado para la construcción de un murete, este bloque es el que presenta las mejores características.

4.3 ENSAMBLE VIRTUAL DEL MURO

Se modela en solidworks el módulo dos para poder realizar el ensamble virtual del muro el uso de mortero entre los bloques es nulo.

Figura 70. Vista isométrica

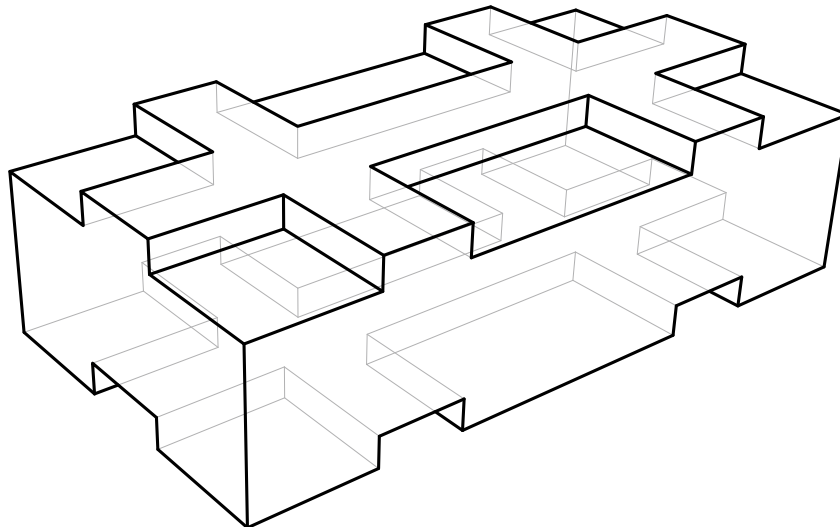


Figura 71. Plano tecnico

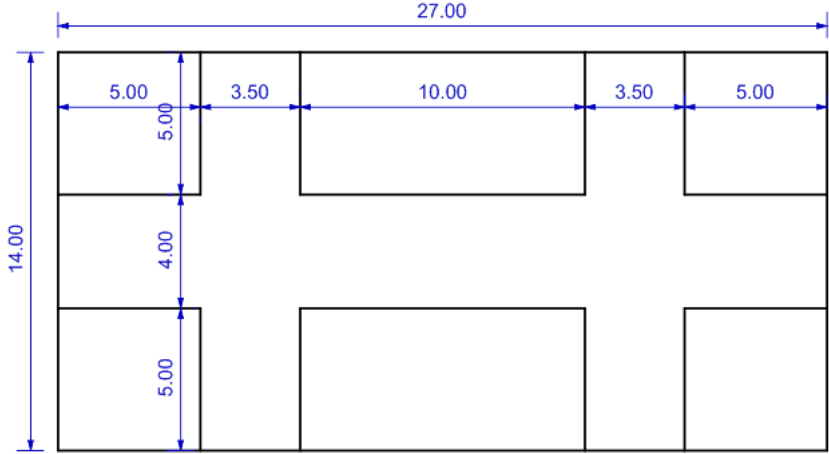


Figura 72. Imagen plano técnico

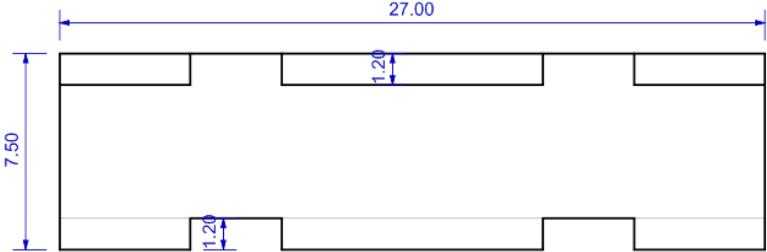


Figura 73. Murete armado

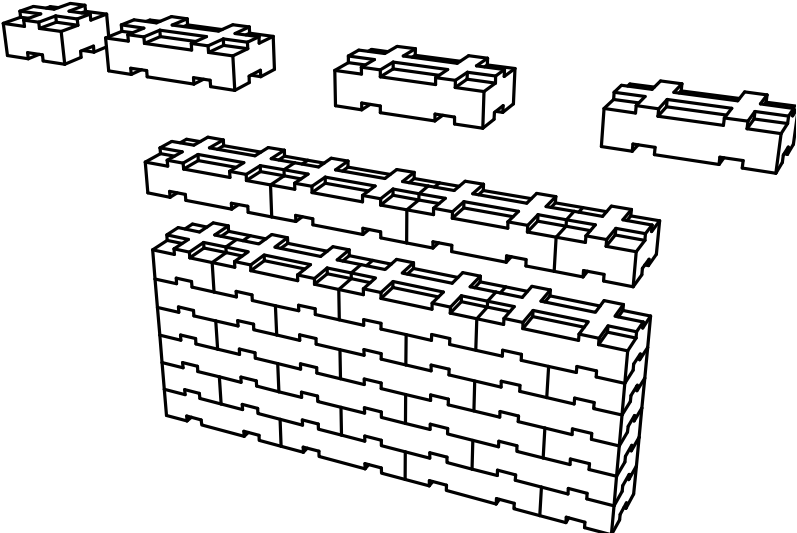
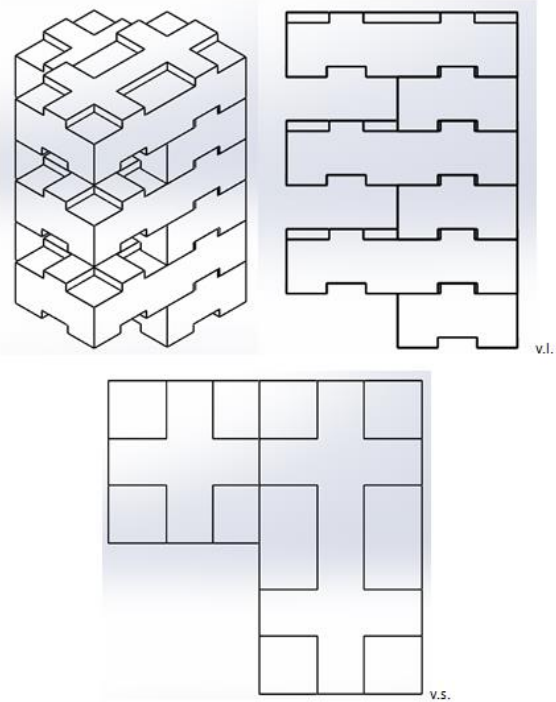


Figura 74. Detalle esquina



Se halló el módulo de elasticidad del material el cual dio como resultado $E=158,0912026$ Mpa (22929,19038012 psi) (ver anexo B). El módulo de elasticidad es una medida de rigidez del material. Si se tienen dos materiales (A y B), A es más rígido que B si se deforma elásticamente menos que B al aplicarles a ambos la misma fuerza. El material es más rígido entre mayor sea su módulo de elasticidad.

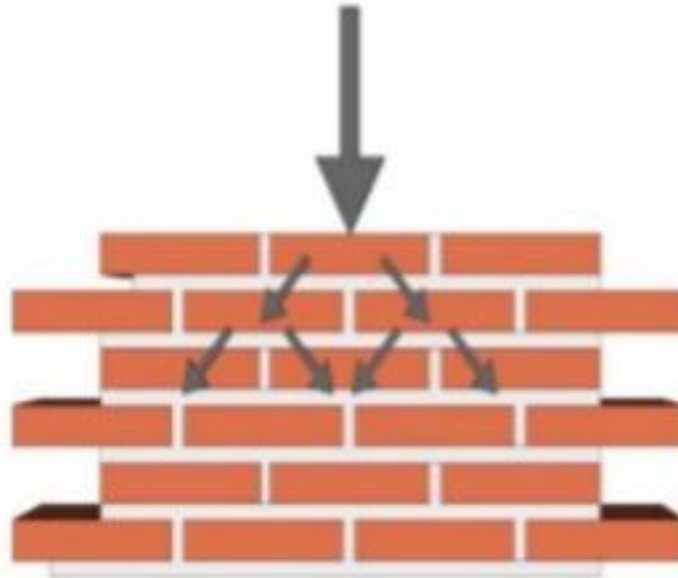
Designación según la Norma Técnica Colombiana NTC 5324:

- BSC O 20 S, 14 X 7.5 X 27 cm, referencia a la NTC 5324

4.4 ENSAMBLE DEL MURETE

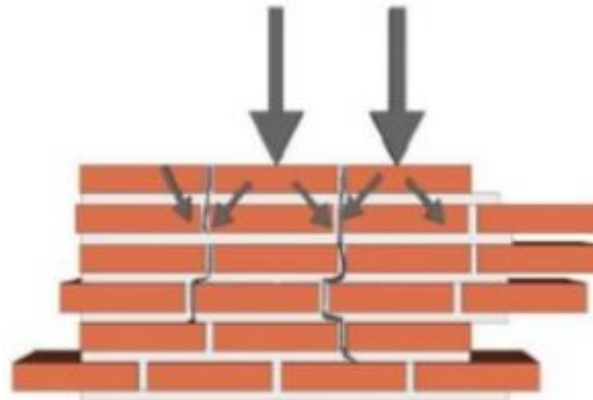
El bloque de tierra modular, tiene unas medidas y un formato determinado y diseñados específicamente para unirse de una manera determinada para formar un muro, en este caso por requerimiento de diseño los bloques del murete deben ser organizados en soga.

Figura 75. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión por traba correcta



Fuente: SLIDE SHARE. Disponible en: <http://es.slideshare.net/ManuelGermnLizarzabu/02-mp-contruccionclase-2p>

Figura 76. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión por traba correcta



Fuente: SLIDE SHARE. Programa de diseño de interiores. Disponible en: <http://es.slideshare.net/ManuelGermnLizarzabu/02-mp-contruccionclase-2pdf>

Figura 77. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión por traba correcta en el murete

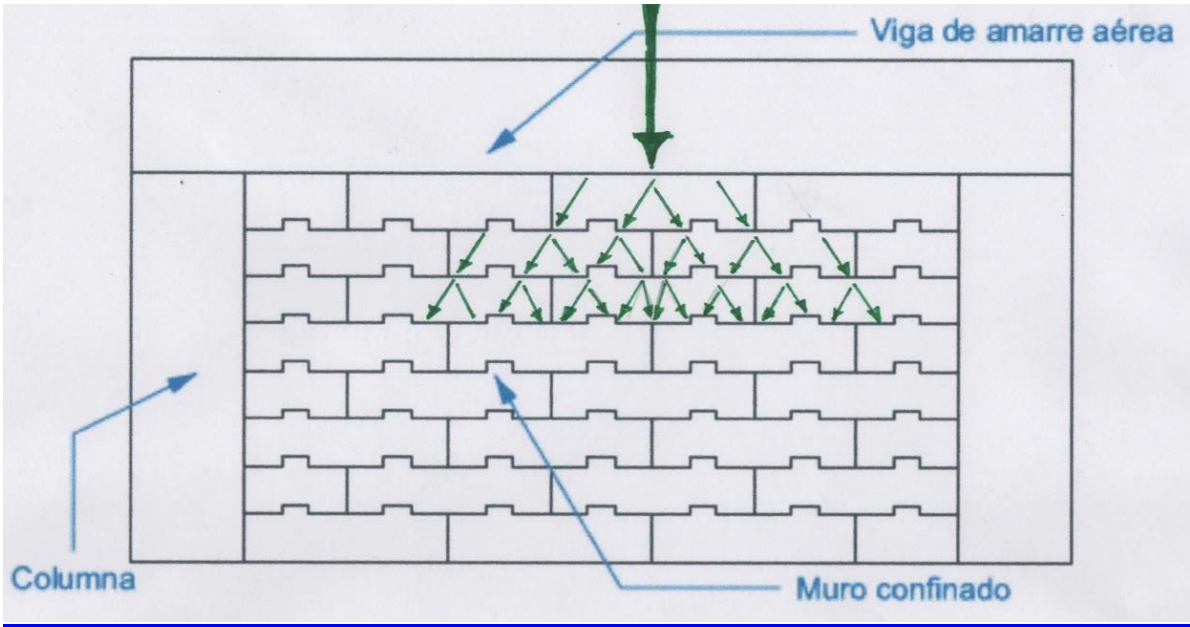


Figura 78. Almacenamiento de los modulos



Figura 79. Formación del murete



Figura 80. Módulos organizados para la prueba



Figura 81. Preparacion del equipo



Figura 82. Murete fallado



Figura 83. Murete fallado



Figura 84. Equipos de laboratorio



Figura 85. Vista frontal murete fallado



Figura 86. Vista lateral derecha del murete fallado



Figura 87. Vista lateral izquierda murete fallado



Figura 88. Murete fallado



Figura 89. Vista superior murete fallado



Figura 90. Detalle de falla hilada superior



Figura 91. Cuarta hilada fallada



Figura 92. Tercera hilada fallada



Figura 93. Tercera hilada fallada



Figura 94. Segunda hilada fallada



Figura 95. Detalle módulo segunda hilada



Figura 96. Distribución de cargas mostrando esfuerzos de compresión en el bloque

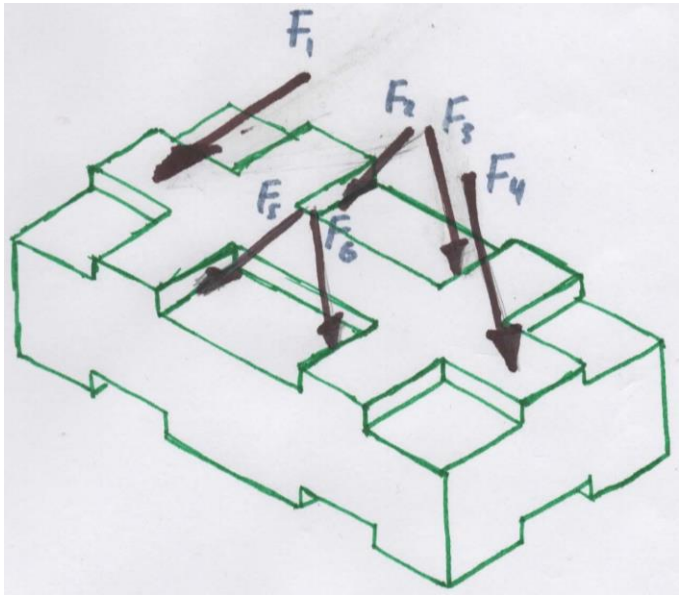


Figura 97. Primera hilada fallada

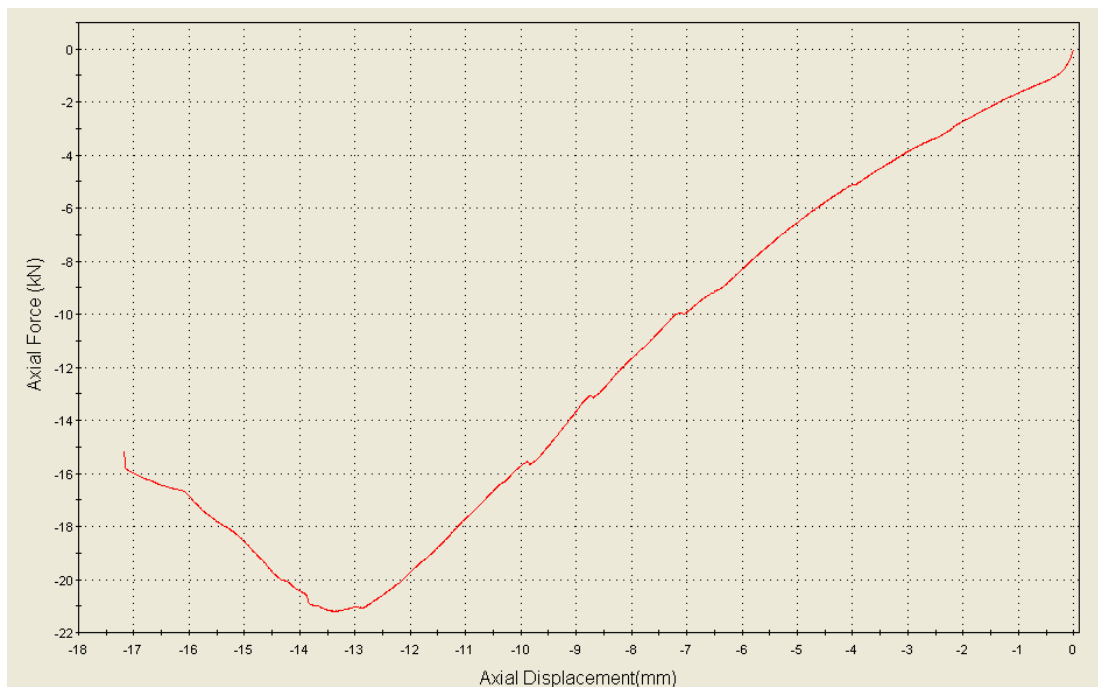


Figura 98. Detalle módulos primera hilada fallada



Curva de esfuerzo deformación murete

Grafico 17. Prueba murete



El murete falla a 21 KN, con un desplazamiento de 13,5 mm

El análisis de su resistencia indica, indica que al ser comprimido su fractura no es inmediata y hay un desplazamiento significativo sin que el murete colapse, por lo general los módulos que lo conforman mantienen su geometría como se puede ver en las imágenes de las pruebas. Las dos principales fracturas se dirigen a los laterales. Podríamos concluir que el material es dúctil, debido a que su deformación no es de forma brusca y ocurre a medida que aumenta la carga hasta llegar a la fractura.

4.5 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO DE UN MURO

Al diseñar edificios para zonas propensas a los sismos se debe considerar que las fuerzas sísmicas que actúan sobre el edificio sean proporcionales a la masa y que la deflexión se incremente significativamente sobre la altura del edificio.

Las razones por las que los muros por lo general se derrumban es porque no tienen un encadenado (viga superior de anillo) y por su falta de resistencia a las fuerzas de corte o flexión. Asimismo las aberturas de puertas y ventanas causan el debilitamiento del muro. Bajo influencia sísmica las fuerzas se concentran en las esquinas de las aberturas creando grietas. Con el objetivo de reducir el peligro de colapso se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las viviendas no se deben ubicar en terrenos inclinados.
- Las viviendas pesadas construidas con técnicas sólidas no deben ser ubicadas sobre una base de roca dura sino sobre suelos limosos o arenosos. Viviendas ligeras se comportan mejor sobre un suelo blando.

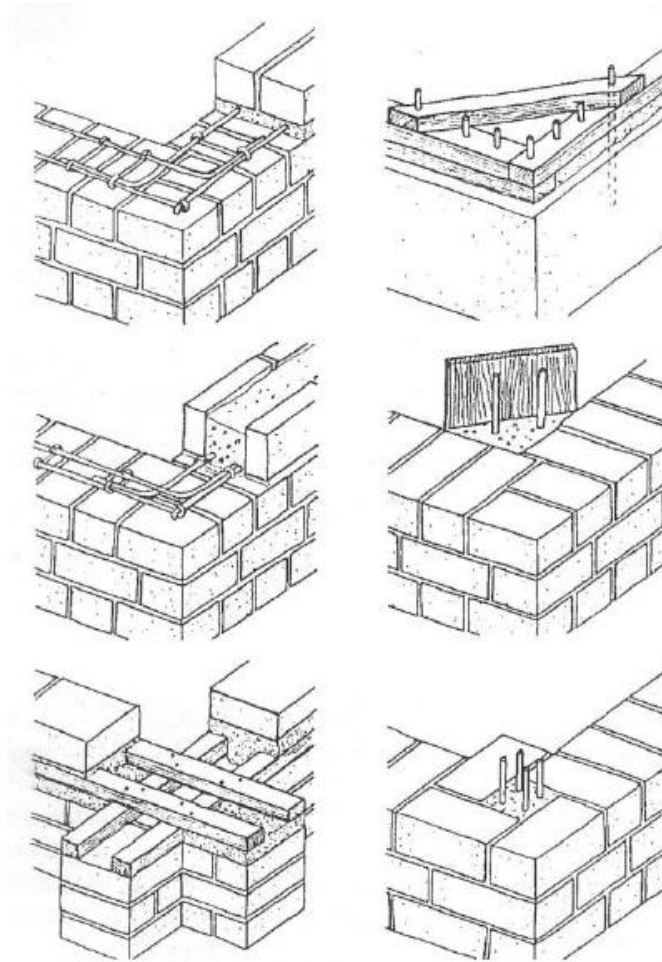
- Los diferentes espacios de la vivienda no deben tener diferentes niveles ni alturas distintas. Si así fuera, estas partes deben estar estructuralmente separadas. Debido a que las secciones de diferentes alturas tienen diferentes frecuencias de resonancia. Se les debe permitir tener una oscilación independiente.
- La planta de la vivienda debe ser tan compacta como sea posible. Las plantas circulares dan una mejor rigidez que las cuadradas y estas mejor rigidez que las rectangulares.
- Los cimientos deben actuar como una cadena de anclaje rígida (viga perimetral) y por ello, deben estar adecuadamente reforzados.
- Los cimientos, muros y techos deben estar bien fijados entre si y las juntas en condiciones de resistir las fuerzas de corte que se producen.
- Como encuentro superior de los muros debe construirse un encadenado (viga anillo) que enlace toda la estructura.
- Los muros deben ser estables contra las fuerzas de tracción y corte que se producen. La mampostería debe realizarse con juntas bien rellenas y morteros con buena capacidad aglutinante.
- Los muros portantes deben tener un espesor mínimo de 40 cm y su altura no debe ser mayor a 6 veces su espesor.
- Los muros de mampostería deben reforzarse cada 3 a 4 metros con columnas que estén fijadas estructuralmente a los cimientos (capaces de tomar momentos).

- Las esquinas de los muros, juntas entre muros y las aberturas de ventanas deben rigidizarse con columnas verticales de madera, hormigón armado que estén fijados a los cimientos o con contra fuertes de tal manera que las fuerzas horizontales no muevan los elementos.
- Las cubiertas deben ser tan ligeras como sea posible. Se recomienda fijar la estructura de la cubierta a columnas dentro o fuera de los muros, de tal manera que ante fuerzas sísmicas su movimiento sea independiente al de los muros.

A continuación se muestra las vías posibles de estabilización de muros de mampostería con la aplicación de un encadenado (viga de anillo) y columnas de traba.²

² MINKE, Gernot. Manual de Construcción en Tierra. Kassel, Alemania: Editorial Fin de Siglo, 2005. P. 164-165.

Figura 99. Estabilización de muros



Fuente manual de construcción en tierra

4.4.1 Albañilería confinada La albañilería reforzada o confinada es la técnica que se usa normalmente para la edificación de una vivienda de un nivel. Esta se compone de un conjunto de elementos de refuerzos horizontales y verticales de hormigón armado que enmarca el muro de mampostería en sus cuatro lados.

Ventajas:

- Alta resistencia sísmica.
- Buenas propiedades térmicas y acústicas.
- Facilidad de mano de obra.

- Alta resistencia al fuego.

Desventajas:

- No se pueden realizar modificaciones futuras.

4.4.2 cimentación La cimentación es el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados (ver anexo C)

La cimentación es importante porque es el grupo de elementos que soportan a la superestructura.

Propósitos:

- Ser suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Soportar esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual se dispondrán armaduras en su cara inferior, que absorberán las tracciones.
- Acomodarse a posibles movimientos del terreno.
- Soportar las agresiones del terreno y del agua y su presión, si la hay.

Tipos de cimentación

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes. A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación. Siempre que es posible se emplean cimentaciones superficiales, ya que son el tipo

de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar. Cuando por problemas con la capacidad portante o la homogeneidad del mismo no es posible usar cimentación superficial se valoran otros tipos de cimentaciones.

Hay dos tipos fundamentales de cimentación: directas y profundas.

- **Cimentaciones directas:**

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. En este tipo de cimentación, la carga se reparte en un plano de apoyo horizontal.

En estructuras importantes, tales como puentes, las cimentaciones, incluso las superficiales, se apoyan a suficiente profundidad como para garantizar que no se produzcan deterioros.

Las cimentaciones superficiales se clasifican en:

- **Cimentaciones ciclópeas.**

En terrenos cohesivos donde la zanja pueda hacerse con paramentos verticales y sin desprendimientos de tierra, el cimiento de concreto ciclópeo (hormigón) es sencillo y económico. El procedimiento para su construcción consiste en ir vaciando dentro de la zanja piedras de diferentes tamaños al tiempo que se vierte la mezcla de concreto en proporción 1:3:5. El hormigón ciclópeo se realiza añadiendo piedras más o menos grandes a medida que se va hormigonando para economizar material.

- Zapatas.
- Zapatas aisladas.

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son los pilares; de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite. El término zapata aislada se debe a que se usa para asentar un único pilar, de ahí el nombre de aislada. Es el tipo de zapata más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar es excesivo no son adecuadas y en su lugar deben emplearse zapatas combinadas o zapatas corridas en las que se asienten más de un pilar.

- Zapatas corridas.
- Las zapatas corridas se emplean para cimentar muros portantes, o hileras de pilares. Estructuralmente funcionan como viga flotante que recibe cargas lineales o puntuales separadas.
- Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal. Las zapatas corridas están indicadas como cimentación de un elemento estructural longitudinalmente continuo, como un muro, en el que pretendemos los asientos en el terreno.
- Zapatas combinadas: Una zapata combinada es un elemento que sirve de cimentación para dos o más pilares. En principio las zapatas aisladas sacan provecho de que diferentes pilares tienen diferentes momentos flectores. Si estos se combinan en un único elemento de cimentación, el resultado puede ser un elemento más estabilizado y sometido a un menor momento resultante.
- Losas de cimentación: Una losa de cimentación es una placa flotante apoyada directamente sobre el terreno. La cimentación por losa se emplea como un caso extremo de los anteriores cuando la superficie ocupada por las zapatas o por el emparrillado represente un porcentaje elevado de la superficie total. La

losa puede ser maciza, aligerada o disponer de refuerzos especiales para mejorar la resistencia a punzonamiento bajo los soportes individualmente (denominados pedestales si están sobre la losa y refuerzos si están bajo ella) o por líneas (nervaduras).

En particular, también cabe emplear este tipo de cimentaciones cuando se diseñan cimentaciones “compensadas”. En ellas el diseño de la edificación incluye la existencia de sótanos de forma que el peso de las tierras excavadas equivale aproximadamente al peso total del edificio; la losa distribuye uniformemente las tensiones en toda la superficie y en este caso los asentamientos que se esperan son reducidos. Si el edificio se distribuye en varias zonas de distinta altura deberá preverse la distribución proporcional de los sótanos así como juntas estructurales.

Cimentaciones semiprofundas:

- Pozos de cimentación o caissons: Son en realidad soluciones intermedias entre las superficiales y las profundas, por lo que en ocasiones se catalogan como semiprofundas. Algunas veces estos deben hacerse bajo agua, cuando no puede desviarse el río, en ese caso se trabaja en cámaras presurizadas.
- Arcos de ladrillo sobre machones de hormigón o mampostería.
- Muros de contención bajo rasante: no es necesario anclar el muro al terreno.
- Micropilotes, son una variante basada en la misma idea del pilotaje, que frecuentemente constituyen una cimentación semiprofunda.

Cimentaciones Profundas:

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

- Pilotes: son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes de desplazamiento prefabricados) o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno (pilotes de extracción ejecutados in situ). Antiguamente eran de madera, hasta que en los años 1940 comenzó a emplearse el hormigón.
- Pantallas: es necesario anclar el muro al terreno.
- Pantallas isostáticas: con una línea de anclajes.
- Pantallas hiperestáticas: dos o más líneas de anclajes.

Cimentaciones de máquinas:

A diferencia de las cimentaciones de edificación, que generalmente están sometidas a cargas estáticas o cuasiestáticas, las cimentaciones de maquinaria están sometidas frecuentemente a cargas cíclicas. La existencia de cargas cíclicas obliga a considerar el estado límite de servicio de vibraciones y el estado límite último de fatiga.

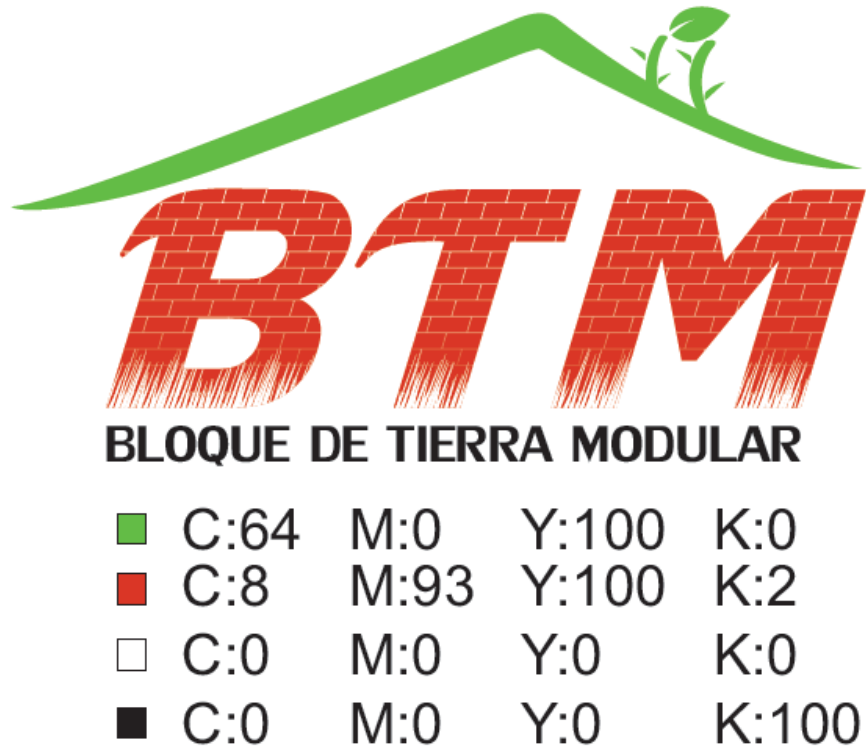
Algunos tipos de cimentación usados para maquinaria son:

- Tipo bloque
- Tipo celdas
- De muros
- Porticadas
- Con pilotes

- Sobre apoyos elásticos
- De soporte

5 LOGO DE LA MARCA

Figura 100. Logo de la marca



6. COSTOS

Para la elaboración de los bloques se hace necesaria una primera inversión que es la prensa CINVA-RAM por un valor de \$1,500.000. Posteriormente la preparación de la tierra, clasificación, cernido y prueba de humedad. Este procedimiento puede durar por lo menos un día por una volqueta de tierra, realizado por dos operarios. A cada operario se le paga un jornal de \$35000 pesos por día de trabajo.

Entre dos operarios se pueden fabricar entre 400 y 500 bloques por día lo que le daría un costo al bloque modular de \$600 pesos aproximadamente, se requiere un tiempo de curado de 10 días aproximadamente según las condiciones climáticas de la zona, no se pueden exponer al agua durante este tiempo, después del quinto día de curado se puede apilar unos sobre otros ubicándolos sobre tabloncillos lisos y limpios. Para la construcción de una vivienda de dos cuartos se gasta un promedio de 2500 bloques.

RUBRO	COSTO
Sueldo dos operarios	\$1,600.000
Alquiler bodega	\$2,000.000
Transporte material	\$500,000
Transporte módulos	\$500,000

Para una producción mensual de 9000 módulos aproximadamente por un costo de \$600 por unidad. Estos costos pueden variar si el cliente desea que los bloques sean preparados en su lote o sector donde desee construir, para esto solo sería

necesario el transporte de la prensa y los operarios, contando con que en el lugar el material (tierra) sea apto para la preparación de los módulos.

BIBLIOGRAFÍA

ACEROS AREQUIPA Manual Maestro de Obra [en línea] Disponible en:
http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/manual_MAESTRO_OBRA.pdf

ARCILLAS DE COLOMBIA [en línea] Disponible en:
<http://www.arcillasdecolombia.com/>

CAMACOL Informe económico No. 31 [en línea] Disponible en:
http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20-%20Oct11-%20No.31.pdf

EDOC [en línea] disponible en: <http://edoc.bib.ucl.ac.be:81/ETD-db/collection/available/BelInUcetd-04082009-034458/unrestricted/03cap3.pdf.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0>

EL COLOMBIANO Ecoladrillos ser ecológicos con ladrillo de basura [en línea] Disponible en:
http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/ecoladrillos_ser_ecologicos_con_ladrillos_de_basura/ecoladrillos_ser_ecologicos_con_ladrillos_de_basura.asp

EL TIEMPO [en línea] Disponible en:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7662293>

GERNOT Minke. Manual de construcción en tierra. Uruguay. Editorial fin de siglo, 2005. 222 p. [en línea] Disponible en:

http://www.tejarsantateresa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=18

LA SILLA VACIA El drama de la vivienda [en línea] Disponible en:
<http://www.lasillavacia.com/elblogueo/jpfnandez/19377/el-drama-de-la-vivienda>

LADRILLERA ERGO Productos [en línea] Disponible en:
<http://www.ladrilleraergo.com/home.html>

LADRILLERA SAN BENITO Normas [en línea] Disponible en:
<http://www.ladrillerasanbenito.com/normas1.html>

LADRILLERA SANTANDER Ladrillo [en línea] Disponible en:
<http://www.ladrillerasantander.com/ladrillo.html>

LADRILLOS ITAL PERU [en línea] Disponible en:
http://www.ladrillositalperu.com/331_017.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0

MONOGRAFIAS Ladrillo Colomb [en línea] Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos14/ladrillocolomb/ladrillocolomb.shtml>

PRINCESA Alternativas de recepción [en línea] Disponible en:
http://www.princesa.cl/normativas_recepcion.php

RINCON DEL VAGO Caracterización fisicoquímica de arcilla de uso industrial [en línea] Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/caracterizacion-fisico-quimica-de-arcillas-de-uso-industrial.html>

SCRIBD NTC Vigentes de los materiales de construcción [en línea] disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/129293524/NTC-VIGENTES-DE-LOS-MATERIALES-DE-CONSTRUCCION-pdf>

SCRIBD [en línea] Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/97364394/4051>

SCRIBD Construcción con tierra [en línea] Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/25842821/construccion-con-Tierra-Cob>

SCRIBD Ladrillos [en línea] Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/54965380/ladrillos>

SLIDE SHARE Manual de construcción de albañilería confinada [en línea]
Disponible en: <http://es.slideshare.net/invcyberdine/39673050-manualdeconstrucciondealbanileriaconfinada>

SLIDE SHARE Albañilería confinada y armada [en línea] Disponible en:
<http://es.slideshare.net/jvejares/albanileria-confinadayarmada>

SLIDE SHARE Manual de casas de mampostería [en línea] Disponible en:
<http://es.slideshare.net/toncotes87/manual-de-casas-de-mamposteria>

TERRA Construir con tierra [en línea] Disponible en:
<http://www.terra.org/categorias/articulos/construir-con-tierra>

UNIZAR Ingeniería civil planeamiento [en línea] Disponible en:
<http://www.unizar.es/aeipro/finder/INGENIERIA%20CIVIL%20Y%20PLANEAMIENTO/HH06.htm>

WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Ladrillo [en línea] Disponible en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Ladrillo>

ANEXOS

ANEXO A. Laboratorio de suelos

	RESULTADOS		VERSION 05		
	ENSAYO DE CLASIFICACIÓN LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN I.N.V E-122 E-123 E-125 E-126		08/07/2015		
PROYECTO:	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOFÍSICA PARA EL ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA URBANA, ESCALA 1:1000 EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSE MIRANDA SANTANDER	TIPO DE ENSAYO:	Apique No 1		
UBICACIÓN:	N 1301719 - E 1117544	MUESTRA:	1		
SECTOR:	San Jose - Miranda	PROF(m):	0.00 - 0.80		
SOLICITANTE:	FUNDACIÓN SIGLO XXI	FECHA:	30/12/15		
DESCRIPCIÓN:	Suelo arcillo - arenoso con raíces, firme de humedad baja, con fragmentos de roca arenisca de grano fino, tamaño de la roca tipo cantos, angular, suelo color café			CÓDIGO	TOR-LAB-01
MUESTRA TOMADA:	Apique Manual	HOJA	1		
		DE	2		

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de golpes	15	26	35
Recipiente No	127	92	101
P1	21.10	20.50	20.60
P2	16.70	16.60	16.80
P3	6.30	6.70	6.60
PW	4.40	3.90	3.80
PS	10.40	9.90	10.20
W%	42.31%	39.39%	37.25%

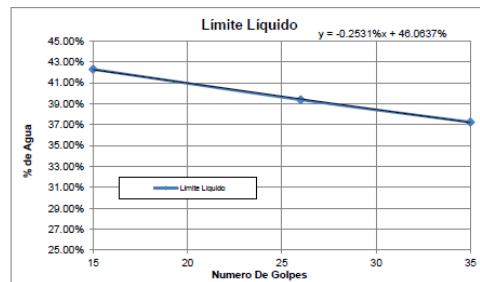
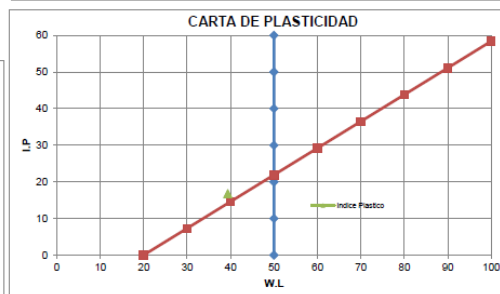
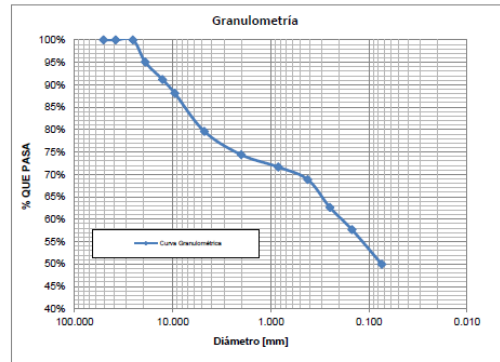
LÍMITE PLÁSTICO		
Recipiente No	27	56
P1	12.00	12.20
P2	11.00	11.30
P3	6.60	7.30
PW	1.00	0.90
PS	4.40	4.00
W%	22.73%	22.50%

DATOS GRANULARES	
Peso Recipiente en gr:	63.5
Peso Recipiente + muestra en gr:	299.5
Peso Recipiente + muestra lavada en gr:	294.6
Peso muestra pasa tamiz 200:	4.9

DATOS FINOS	
Peso Recipiente en gr:	61.4
Peso Recipiente + muestra en gr:	727.4
Peso Recipiente + muestra lavada en gr:	281.9
Peso muestra pasa tamiz 200 gr:	445.5

p1=Peso Recipiente+Suelo Húmedo en gr:	1052.8
p2 =Peso Recipiente + Suelo Seco en gr:	965.5
p3 =Peso Recipiente en gr	63.5
pw =Peso del Agua en gr	87.3
ps =Peso Suelo Seco en gr	902
w =Contenido de Agua en %	9.68%

Peso Inicial:	902.00		Peso sin finos: 451.50		
Tamiz,plg	Tamiz,mm	Peso Material	% Reten.	%Ret Acum	%Pasa
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	44.40	4.92%	4.92%	95.08%
1/2"	12.700	35.20	3.90%	8.82%	91.18%
3/8"	9.520	27.70	3.07%	11.90%	88.10%
4"	4.760	76.70	8.50%	20.40%	79.60%
10"	2.000	47.10	5.22%	25.62%	74.38%
20"	0.840	24.70	2.74%	28.36%	71.64%
40"	0.420	25.30	2.80%	31.16%	68.84%
60"	0.250	56.00	6.21%	37.37%	62.63%
100"	0.149	44.70	4.96%	42.33%	57.67%
200"	0.074	69.70	7.73%	50.06%	49.94%
Pasa 200"	0.000	450.40	49.93%	99.99%	0.01%



No se permiten diferencias mayores a 2% entre dos ensayos de LP del mismo material

RESULTADOS	CLASIFICACIÓN		
Límite líquido	39.39%	Índice de Grupo	5
límite plástico	22.61%	A.A.S.H.T.O.	A6
Índice de plasticidad	16.77%	S.U.C.S.	SC
Gravas	20.40%		
Arenas	29.66%		
Finos	49.94%		

ARLEY ESTEBAN
REALIZÓ



**RESULTADOS
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
I.N.V E-122 E-123 E-125 E-126**

VERSION 05

08/07/2015

PROYECTO:	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOFÍSICA PARA EL ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA URBANA, ESCALA 1:1000 EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE MIRANDA, SANTANDER	TIPO DE ENSAYO:	Apique No 3	CÓDIGO	TOR-LAB-01
UBICACIÓN:	N 1302013 - E 1117751	MUESTRA:	1		
SECTOR:	San Jose de Miranda- Santander	PROF(m):	0.00 - 0.80		
SOLICITANTE:	FUNDACIÓN SIGLO XXI	FECHA:	31/12/15		
DESCRIPCIÓN:	Suelo arcillo arenoso, marrón con pigmentaciones grsáceas, plasticidad baja contiene pequeños fragmentos de roca.			HOJA	1
MUESTRA TOMADA:	Apique Manual			DE	2

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de golpes	15	23	35
Recipiente No	51	72	32
P1	20.90	20.60	20.50
P2	16.50	16.50	16.70
P3	6.60	6.70	6.80
PW	4.40	4.10	3.80
PS	9.90	9.80	9.90
W%	44.44%	41.84%	38.38%

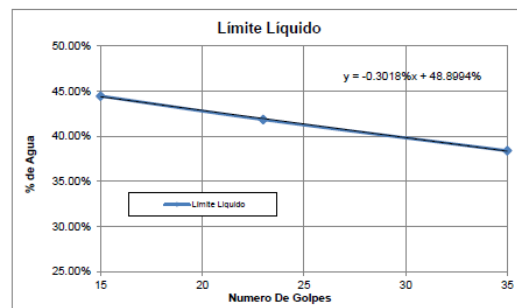
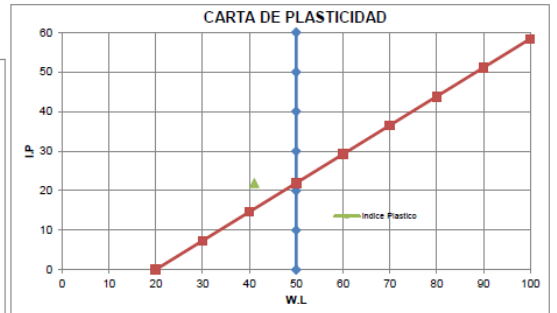
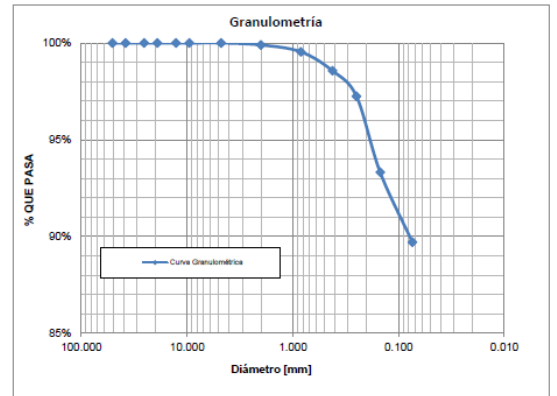
LÍMITE PLÁSTICO		
Recipiente No	77	700
P1	11.00	11.90
P2	10.30	11.20
P3	6.70	7.50
PW	0.70	0.70
PS	3.60	3.70
W%	19.44%	18.92%

DATOS GRANULARES	
Peso Recipiente en gr:	49.8
Peso Recipiente + muestra en gr:	50.2
Peso Recipiente + muestra lavada en gr:	50.2
Peso muestra pasa tamiz 200:	0.0

DATOS FINOS	
Peso Recipiente en gr:	50.5
Peso Recipiente + muestra en gr:	446.7
Peso Recipiente + muestra lavada en gr:	90.9
Peso muestra pasa tamiz 200 gr:	355.8

p1=Peso Recipiente+Suelo Húmedo en gr:	493.2
p2 =Peso Recipiente + Suelo Seco en gr:	446.4
p3 =Peso Recipiente en gr	49.8
pw =Peso del Agua en gr	46.6
ps =Peso Suelo Seco en gr	396.6
w =Contenido de Agua en %	11.80%

Peso inicial:	396.60		Peso sin finos:		40.80
Tamiz,plg	Tamiz,mm	Peso Material	% Reten.	%Ret Acum	%Pasa
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.520	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4"	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10"	2.000	0.40	0.10%	0.10%	99.90%
20"	0.840	1.40	0.35%	0.45%	99.55%
40"	0.420	3.90	0.98%	1.44%	98.56%
60"	0.250	5.20	1.31%	2.75%	97.25%
100"	0.149	15.60	3.93%	6.68%	93.32%
200"	0.074	14.30	3.61%	10.29%	89.71%
Pasa 200"	0.000	355.80	89.71%	100.00%	0.00%



No se permiten diferencias mayores a 2% entre dos ensayos de LP del mismo material

RESULTADOS

Límite líquido	41.06%
límite plástico	19.18%
Índice de plasticidad	21.88%

CLASIFICACIÓN

Índice de Grupo	20
A.A.S.H.T.O.	A-7-5
S.U.C.S.	CL

Gravas	0.00%
Arenas	10.29%
Finos	89.71%

ARLEY ESTEBAN
REALIZÓ

	RESULTADOS ENSAYO DE CLASIFICACIÓN LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN I.N.V E-122 E-123 E-125 E-126			VERSION 05	
				08/07/2015	
PROYECTO:	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOFÍSICA PARA EL ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA URBANA, ESCALA 1:1000 EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE MIRANDA, SANTANDER	TIPO DE ENSAYO:	Apique No 4		
UBICACIÓN:	N 1301900 - E 1117108	MUESTRA:	1		
SECTOR:	San Jose de Miranda- Santander	PROF(m):	0.00 - 1.00		
SOLICITANTE:	FUNDACIÓN SIGLO XXI	FECHA:	31/12/15		
DESCRIPCIÓN:	Suelo arcillo arenoso color café amarillento con pigmentaciones rojizas lentes arenosos, plasticidad baja, pequeños fragmentos de roca arenisca	HOJA	1		
MUESTRA TOMADA:	Apique Manual	DE	2		

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de golpes	15	27	35
Recipiente No	44	185	107
P1	22.80	24.30	21.40
P2	17.80	18.70	16.90
P3	7.50	6.40	6.50
PW	5.00	5.60	4.50
PS	10.30	12.30	10.40
W%	48.54%	45.53%	43.27%

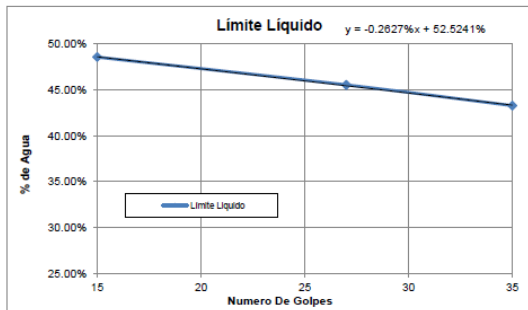
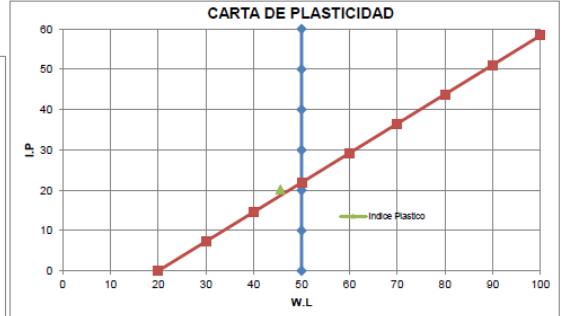
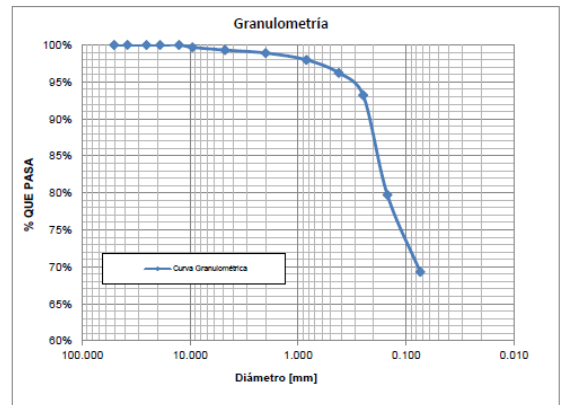
LÍMITE PLÁSTICO		
Recipiente No	69	26
P1	10.50	10.20
P2	9.60	9.50
P3	6.10	6.70
PW	0.90	0.70
PS	3.50	2.80
W%	25.71%	25.00%

DATOS GRANULARES	
Peso Recipiente en gr:	49.2
Peso Recipiente + muestra en gr:	56.3
Peso Recipiente + muestra lavada en gr:	54.4
Peso muestra pasa tamiz 200:	1.9

DATOS FINOS	
Peso Recipiente en gr:	50.8
Peso Recipiente + muestra en gr:	520.8
Peso Recipiente + muestra lavada en gr:	192.0
Peso muestra pasa tamiz 200 gr:	328.8

p1 = Peso Recipiente + Suelo Húmedo en gr:	616.7
p2 = Peso Recipiente + Suelo Seco en gr:	526.3
p3 = Peso Recipiente en gr:	49.2
pw = Peso del Agua en gr:	90.4
ps = Peso Suelo Seco en gr:	477.1
w = Contenido de Agua en %:	18.95%

Tamiz.plg	Tamiz.mm	Peso Material	Peso sin finos:	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa
2"	50.800	0.00	477.10	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	477.10	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	477.10	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	0.00	477.10	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.700	0.00	477.10	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.520	1.50	475.60	0.31%	0.31%	99.69%
4"	4.760	1.80	473.30	0.38%	0.69%	99.31%
10"	2.000	1.90	471.20	0.40%	1.09%	98.91%
20"	0.840	4.40	466.70	0.92%	2.01%	97.99%
40"	0.420	8.40	458.30	1.76%	3.77%	96.23%
60"	0.250	14.40	443.90	3.02%	6.79%	93.21%
100"	0.149	64.30	389.60	13.48%	20.27%	79.73%
200"	0.074	49.70	339.90	10.42%	30.69%	69.31%
Pasa 200"	0.000	330.70	330.70	69.31%	100.00%	0.00%



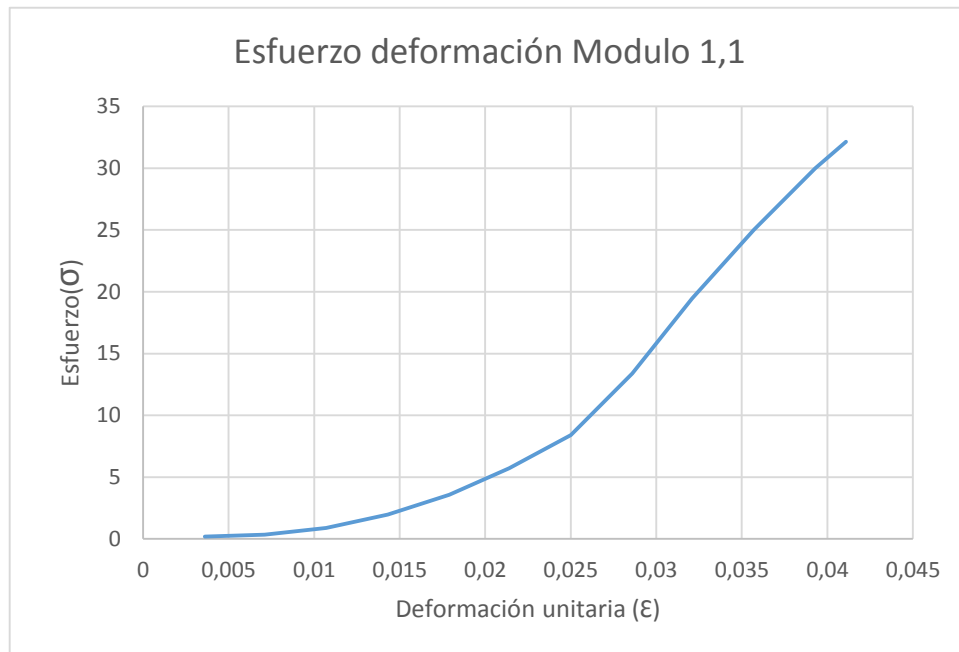
No se permiten diferencias mayores a 2% entre dos ensayos de LP del mismo material

RESULTADOS		CLASIFICACIÓN	
Límite líquido	45.55%	Índice de Grupo	13
límite plástico	25.36%	A.A.S.H.T.O.	A-7-5
Índice de plasticidad	20.19%	S.U.C.S.	CL
Gravas	0.69%		
Arenas	29.99%		

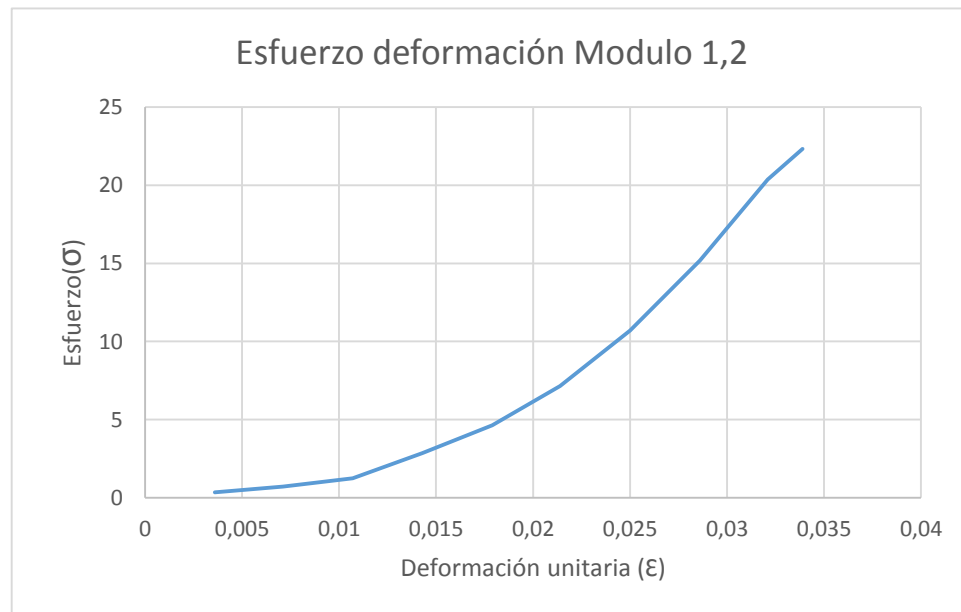
ARLEY ESTEBAN
REALIZÓ

ANEXO B. Curvas

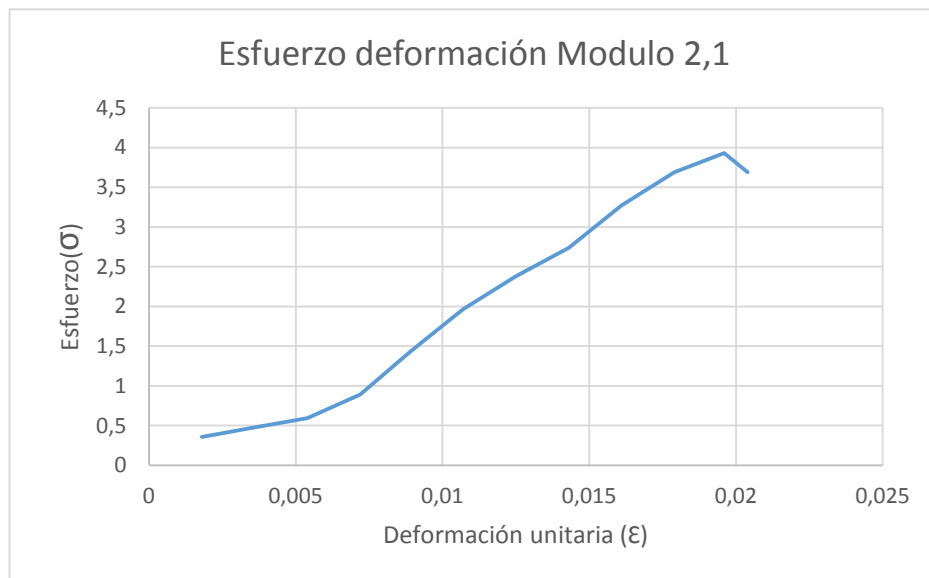
	Fuerza(KN)	F(N)	Esfuerzo(Pa)	Ezfuerto(Mpa)	Deformacion Unitaria
1	1	1000	178571,4286	0,178571429	0,0036
2	2	2000	357142,8571	0,357142857	0,0071
3	5	5000	892857,1429	0,892857143	0,0107
4	11	11000	1964285,714	1,964285714	0,0143
5	20	20000	3571428,571	3,571428571	0,0179
6	32	32000	5714285,714	5,714285714	0,0214
7	47	47000	8392857,143	8,392857143	0,025
8	75	75000	13392857,14	13,39285714	0,0286
9	109	109000	19464285,71	19,46428571	0,0321
10	140	140000	25000000	25	0,0357
11	168	168000	30000000	30	0,0393
12	180	180000	32142857,14	32,14285714	0,0411



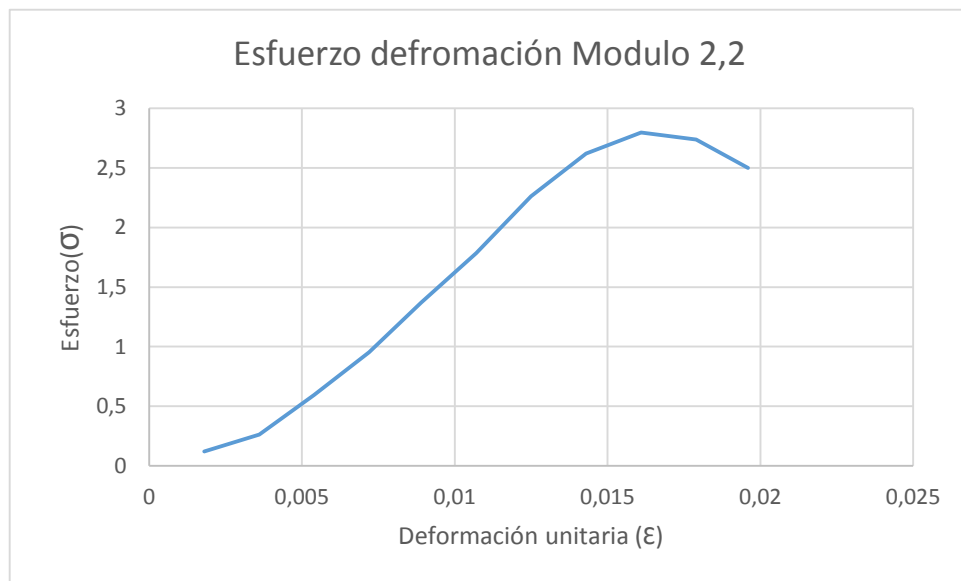
	Fuerza(N)	Fuerza(N)	Esfuerzo(Pa)	Esfuerzo(Mpa)	Defromacion Unitaria
1	2	2000	357142,8571	0,357142857	0,0036
2	4	4000	714285,7143	0,714285714	0,0071
3	7	7000	1250000	1,25	0,0107
4	16	16000	2857142,857	2,857142857	0,0143
5	26	26000	4642857,143	4,642857143	0,0179
6	40	40000	7142857,143	7,142857143	0,0214
7	60	60000	10714285,71	10,71428571	0,025
8	85	85000	15178571,43	15,17857143	0,0286
9	114	114000	20357142,86	20,35714286	0,0321
10	125	125000	22321428,57	22,32142857	0,0339



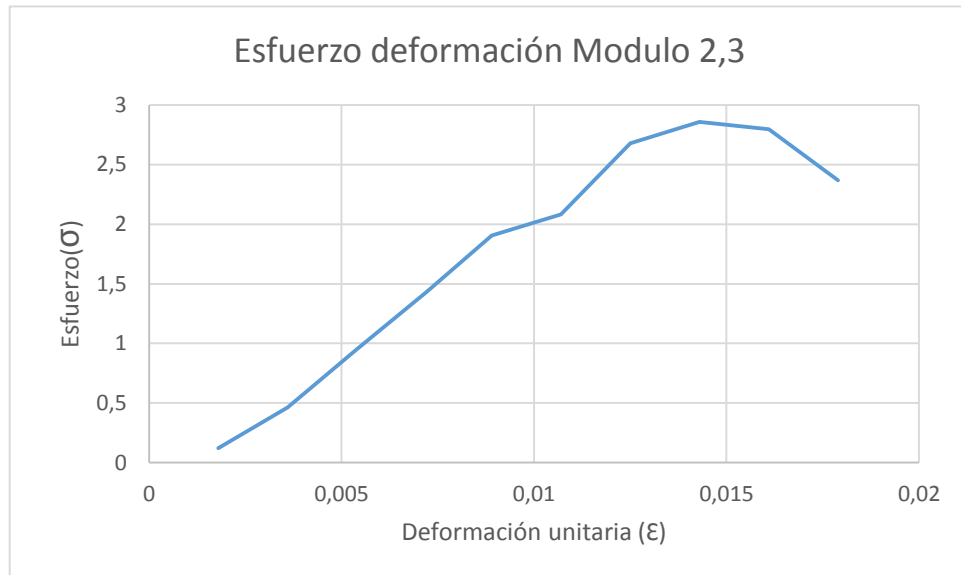
	Fuerza(KN)	Fuerza(N)	Esfuerzo(Pa)	Esfuerzo(Mpa)	Defromacion Unitaria
1	3	3000	357142,8571	0,357142857	0,0018
2	4	4000	476190,4762	0,476190476	0,0036
3	5	5000	595238,0952	0,595238095	0,0054
4	7,5	7500	892857,1429	0,892857143	0,0072
5	12	12000	1428571,429	1,428571429	0,0089
6	16,5	16500	1964285,714	1,964285714	0,0107
7	20	20000	2380952,381	2,380952381	0,0125
8	23	23000	2738095,238	2,738095238	0,0143
9	27,5	27500	3273809,524	3,273809524	0,0161
10	31	31000	3690476,19	3,69047619	0,0179
11	33	33000	3928571,429	3,928571429	0,0196
12	31	31000	3690476,19	3,69047619	0,0204



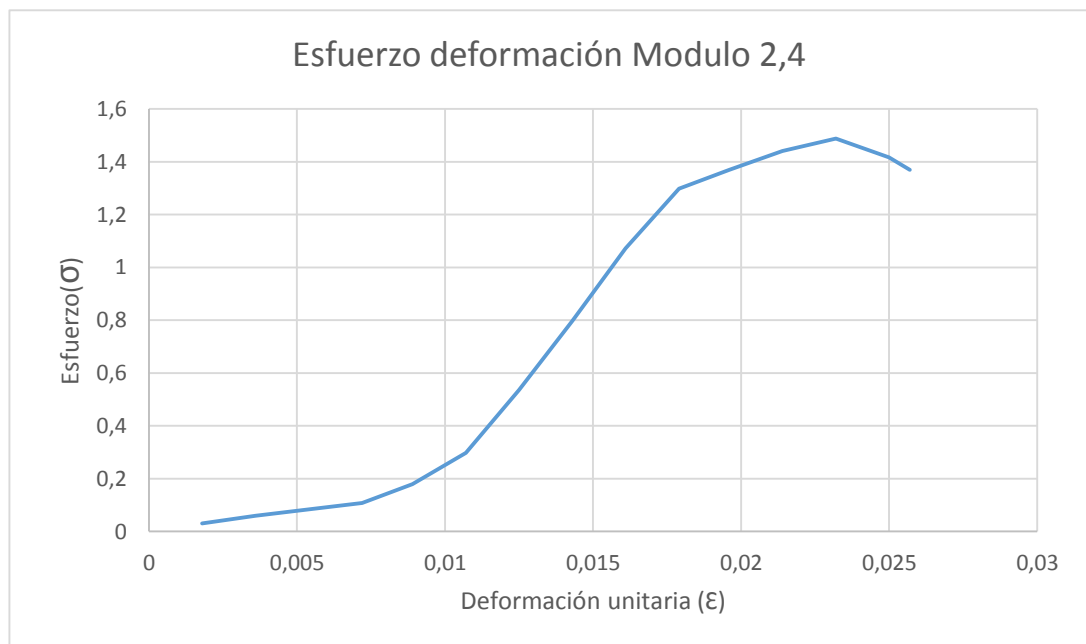
	Fuerza(KN)	Fuerza(N)	Esfuerzo(Pa)	Esfuerzo(Mpa)	Defromacion Unitaria
1	1	1000	119047,619	0,119047619	0,0018
2	2,2	2200	261904,7619	0,261904762	0,0036
3	5	5000	595238,0952	0,595238095	0,0054
4	8	8000	952380,9524	0,952380952	0,0072
5	11,5	11500	1369047,619	1,369047619	0,0089
6	15	15000	1785714,286	1,785714286	0,0107
7	19	19000	2261904,762	2,261904762	0,0125
8	22	22000	2619047,619	2,619047619	0,0143
9	23,5	23500	2797619,048	2,797619048	0,0161
10	23	23000	2738095,238	2,738095238	0,0179
11	21	21000	2500000	2,5	0,0196



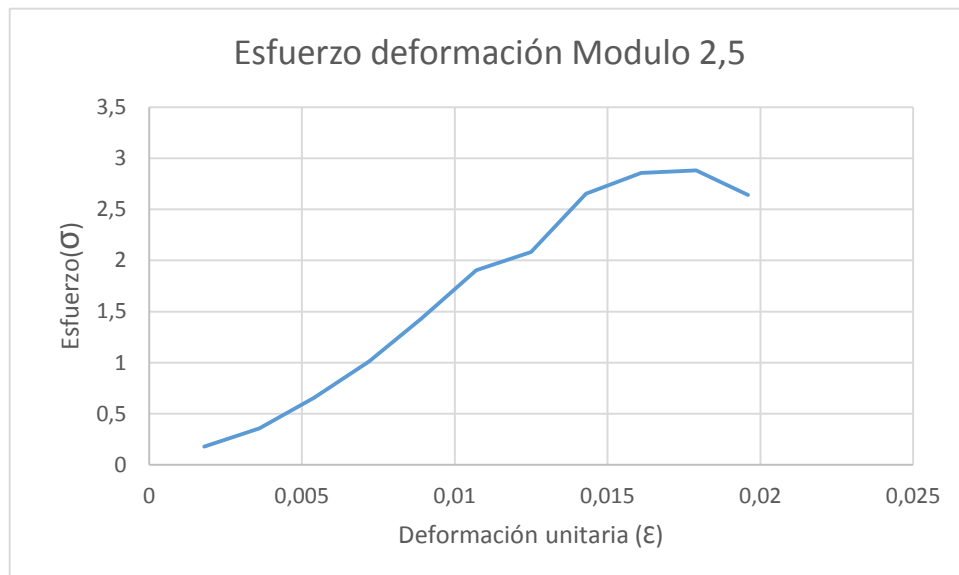
Furza(KN)	Fuerza(N)	Esfuerzo(Pa)	Esfuerzo(Mpa)	Deformacion Unitaria
1	1	1000	0,119047619	0,0018
2	3,9	3900	0,464285714	0,0036
3	8	8000	0,952380952	0,0054
4	12	12000	1,428571429	0,0072
5	16	16000	1,904761905	0,0089
6	17,5	17500	2,083333333	0,0107
7	22,5	22500	2,678571429	0,0125
8	24	24000	2,857142857	0,0143
9	23,5	23500	2,797619048	0,0161
10	19,9	19900	2,369047619	0,0179



	Furza(KN)	Fuerza(N)	Esfuerzo(Pa)	Esfuerzo(Mpa)	Deformacion Unitaria
1	0,25	250	29761,90476	0,029761905	0,0018
2	0,5	500	59523,80952	0,05952381	0,0036
3	0,7	700	83333,33333	0,083333333	0,0054
4	0,9	900	107142,8571	0,107142857	0,0072
5	1,5	1500	178571,4286	0,178571429	0,0089
6	2,5	2500	297619,0476	0,297619048	0,0107
7	4,5	4500	535714,2857	0,535714286	0,0125
8	6,7	6700	797619,0476	0,797619048	0,0143
9	9	9000	1071428,571	1,071428571	0,0161
10	10,9	10900	1297619,048	1,297619048	0,0179
11	11,5	11500	1369047,619	1,369047619	0,0196
12	12,1	12100	1440476,19	1,44047619	0,0214
13	12,5	12500	1488095,238	1,488095238	0,0232
14	11,9	11900	1416666,667	1,416666667	0,025
15	11,5	11500	1369047,619	1,369047619	0,0257

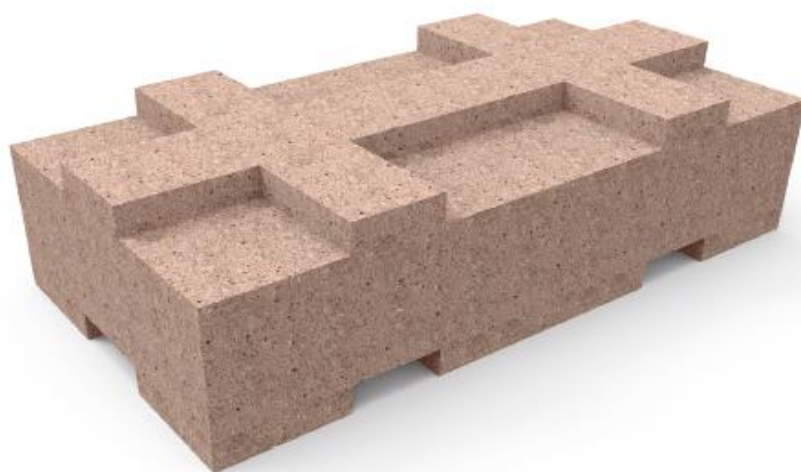


	Fuerza(KN)	Fuerza(N)	Esfuerzo(Pa)	Esfuerzo(Mpa)	Defromacion Unitaria
1	1,5	1500	178571,4286	0,178571429	0,0018
2	3	3000	357142,8571	0,357142857	0,0036
3	5,5	5500	654761,9048	0,654761905	0,0054
4	8,5	8500	1011904,762	1,011904762	0,0072
5	12	12000	1428571,429	1,428571429	0,0089
6	16	16000	1904761,905	1,904761905	0,0107
7	17,5	17500	2083333,333	2,083333333	0,0125
8	22,3	22300	2654761,905	2,654761905	0,0143
9	24	24000	2857142,857	2,857142857	0,0161
10	24,2	24200	2880952,381	2,880952381	0,0179
11	22,2	22200	2642857,143	2,642857143	0,0196



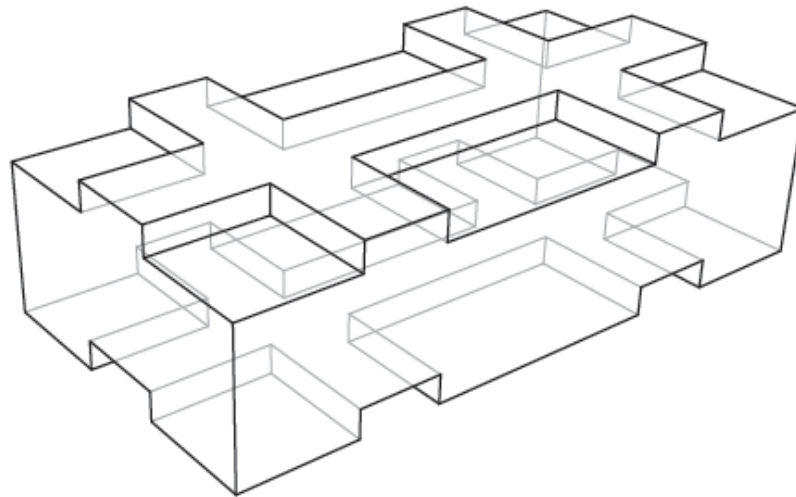


FICHA TÉCNICA E INSTRUCCIONES DE CONSTRUCCIÓN



BLOQUE DE TIERRA MODULAR

BLOQUE DE TIERRA MODULAR

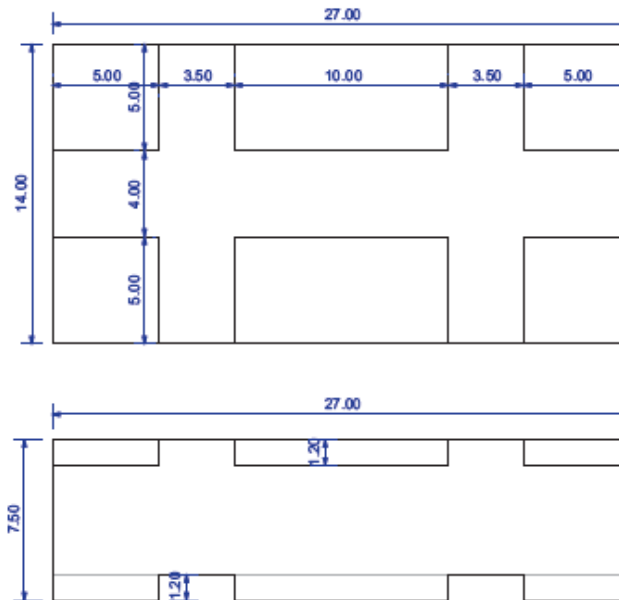


POR QUÉ NACE ESTA INICIATIVA

La escasez de recursos naturales ha impulsado al hombre a buscar nuevas alternativas en el campo de la construcción, impulsando la investigación para la creación de nuevos materiales más amigables con el medio ambiente y en algunos casos se ha vuelto nuevamente a la práctica de técnicas artesanales para la construcción, heredadas de nuestros antepasados en las cuales el material principal es la tierra. Aun en la actualidad gran parte de la humanidad vive en viviendas de tierra. En los países industrializados la desmedida explotación de los recursos naturales y los sistemas de producción centralizados intensivos en capital y energía no solo generan desperdicios sino que contaminan el medio ambiente, incrementando el desempleo.

Las necesidades de hábitat en los países en vías de desarrollo solo se pueden encarar utilizando materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción de esta manera se podría mejorar la calidad de vida de muchas familias

PLANOS ACOTADOS

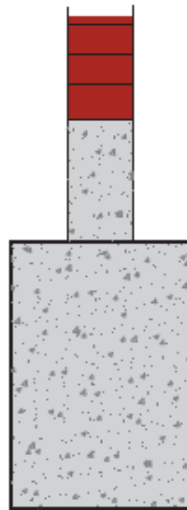


DESCRIPCIÓN TÉCNICA

- No necesita mortero entre sus uniones
- Está fabricado completamente en barro
- No contamina el medio ambiente
- Es elaborado por compresión
- Su fabricación es de muy bajo costo
- Presenta buenas propiedades térmicas y acústicas para una vivienda
- El bloque preserva la madera y otros materiales orgánicos que estén en contacto con él
- Resistencia máxima a la compresión de 26 KN
- Módulo de elasticidad del suelo $E=158,0912026$

INSTRUCCIONES DE CONSTRUCCIÓN

CIMIENTOS



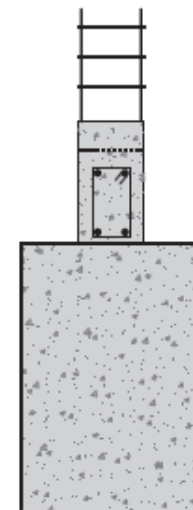
La cimentación no debe apoyarse en suelos formados por rellenos o depósitos de basura, sino sobre terreno natural.

Información Referencial

Profundidad mínima de zanja:
100 cm para suelo normal
120 cm para suelo blando

CIMIENTO
Ancho mínimo:
40 cm para suelo normal
60 cm para suelo blando

Altura mínima:
80 cm para suelo normal
100 cm para suelo blando

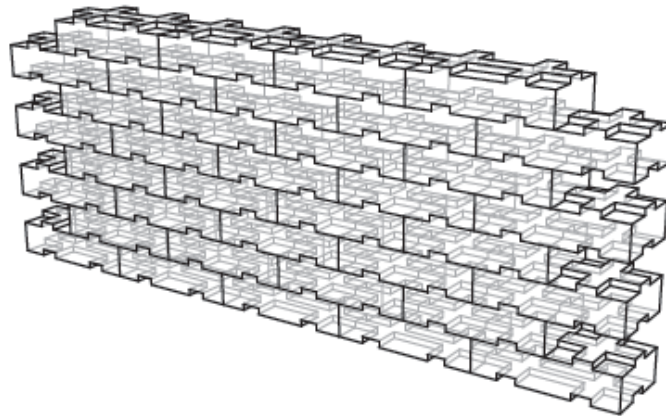


Cimiento con columna- columna ubicada cada 3 o 4 metros

DATOS VÁLIDOS SOLO PARA VIVIENDAS DE 1 o 2 PISOS

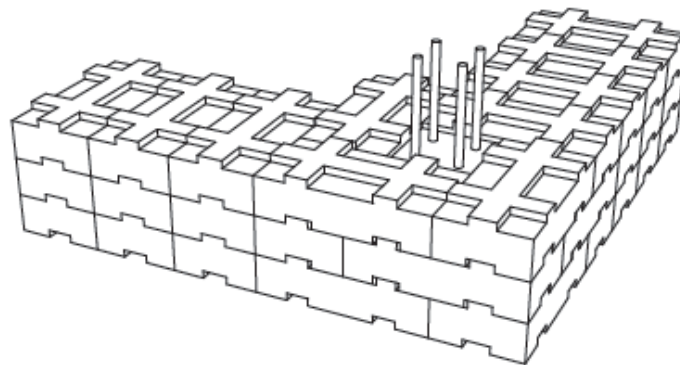
INSTRUCCIONES DE CONSTRUCCIÓN

DETALLE MURO



El muro se construye translapando los bloques modulares de tierra de la manera convencional para construcción con ladrillos.

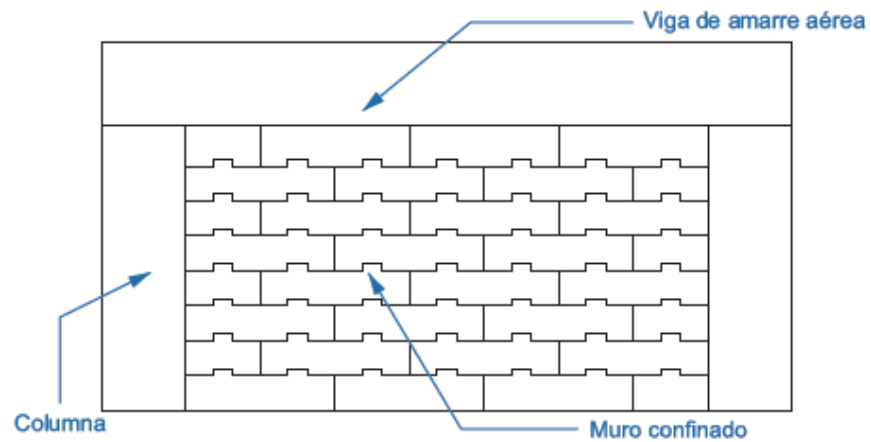
DETALLE COLUMNA



La columna se construye mediante vaciado de cemento en la estructura formada por varilla de acero.

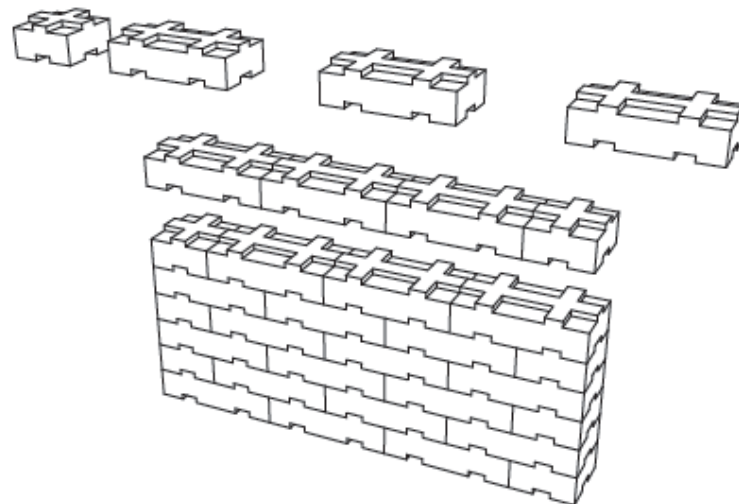
INSTRUCCIONES DE CONSTRUCCIÓN

DETALLE MURO CONFINADO



Con el Bloque de Tierra Modular se utiliza el sistema de construcción estructural autoportante, muro confinado.

DETALLE MURO EXPLOSIÓN



ANEXO D. ficha NTC 5324

Título:	BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES. DEFINICIONES. ESPECIFICACIONES. METODOS DE ENSAYO. CONDICIONES DE ENTREGA.
Título en inglés:	GROUND BLOCKS CEMENT FOR WALLS AND DIVISIONS. DEFINITIONS. SPECIFICATIONS. TEST METHODS. CONDITIONS OF DELIVERY.
Descripción:	N/A
Código:	NTC5324
Actualización:	Ninguna
Fecha de ratificación:	01/12/2004 12:00:00 a.m.
Resumen:	DEFINE LAS CARACTERISTICAS GENERALES QUE DEBEN CUMPLIR LOS BLOQUES MACIZOS DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES. DESCRIBE LOS ENSAYOS PROPIOS PARA DETERMINAR DICHAS CARACTERISTICAS.
Referencia normativa:	n/a
Referencia documento extranjera:	AFNOR XP P 13-901: 2001
Reemplaza a:	n/a
Número de páginas:	39
Ámbito:	<input type="text" value="Internacional"/>
Idioma:	<input type="text" value="Español"/>