

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Unan-Rurd
Recinto Univercitario Rubén Darío
Facultad de Ciencias e Ingenierías
Departamento de Construcción
Técnico Superior en Construcción



Seminario de graduación para optar al título de técnico superior en ingeniería civil con
mención en construcción

Tema

“Pruebas de resistencia y calidad del suelo para la elaboración del bloque de adobe
suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el Municipio
de San Rafael del Sur Comunidad La Gallina (de Agosto – Noviembre 2016)”.

Autores: Br. Kevin Esmir Rivas Jarquín
Br. Carlos Manuel Cerrato Cerrato

Tutor: Msc. Ervin Cabrera Barahona

Asesor Técnico: Msc. Oracio Alejandro López

Asesor Metodólogo: Msc. Sergio Ramírez Lanzas

Agosto, 2016



Contenido

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
IV. JUSTIFICACIÓN.....	6
V. OBJETIVOS.....	7
5.1.Objetivo general	7
5.2.Objetivos específicos	7
VI. MARCO TEÓRICO.....	8
6.1.Suelo Cemento.....	8
6.2.Consideraciones Generales	8
6.3.Concepto de adobe Suelo Cemento	9
6.4.Componentes del suelo cemento	10
6.4.1.Cemento.....	10
6.5.Concepto y características del Suelo	11
6.5.1.Características	11
6.5.2.Concepto	11
6.6.Tipos de suelos	12
6.6.1.Suelos finos.....	12
6.6.2.Suelos gruesos.....	12
6.7.Clasificación de los suelos	13



6.7.1.Suelos aptos para mezclas de suelo-cemento	13
6.8.Límites de consistencia o límites de Atterberg	14
6.9.Tipos de suelos para la mezcla de suelo cemento	15
6.9.1.Suelos eficientes	15
6.9.2.Suelos arenosos y suelos con grava	15
6.9.3.Suelos arenosos con deficiencia de partículas finas	15
6.9.4.Suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad	15
6.9.5.Suelos deficientes	16
6.9.6.Suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad	16
6.9.7.Suelos orgánicos	16
6.9.8.Suelo ideal.....	16
6.10.clasificación de los suelos para mezclas de suelo-cemento.....	17
6.11.Granulometría del suelo adecuado para adobe	20
6.12.Ensaye de compactación o densidad óptima para elaborar adobes	22
6.12.1.Mezcla de suelo cemento en relación a la humedad optima	22
6.13.Combinación de suelo cemento y otros materiales estabilizantes	25
6.14.Pruebas de campos para determinar si el suelo a utilizar es adecuado.....	27
6.14.1.Prueba de la caja	27
6.14.2.Prueba de determinación de partículas (prueba de la botella)	30
6.14.3.Prueba de solidez.....	31
6.14.4.Prueba del enrollado	31
6.14.5.Prueba de color	32
6.14.6.Prueba dental	33
6.14.7.Prueba olfativa	33



6.14.8.Prueba de resistencia seca o de la bolita	34
6.15.Preparación o mezclado de suelo cemento.....	34
6.16.Colocacion compactacion y curado del suelo cemento	37
6.17.Curado y almacenamiento de los bloques de adobe suelocemento	40
6.18.Prueba de resistencia del adobe	42
VII. DISEÑO METODOLÓGICO/MÉTODO.....	43
7.1.Tipo de estudio.....	43
7.2.Área de estudio o localización.....	44
7.3.Generalidades del municipio de San Rafael del Sur y comarca la gallina.....	44
7.4.Macro y micro localización de San Rafael del sur comunidad la gallina.	46
7.5.Condiciones de Vida de la comarca la gallina.	46
7.6.PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN O CONTROL DE CALIDAD EN LABORATORIOS.....	47
7.6.1.Procedimiento métodos y equipos	47
7.7.Determinación del porcentaje de humedad	48
7.7.1.Humedad in-situ	48
7.7.2.Humedad alterada.....	48
7.8.Procedimiento para determinar el porcentaje de humedad de la muestra alterada.	48
7.8.1.Equipos utilizados	49
7.8.2.Corrigiendo para obtener la masa seca o masa corregida.....	51
7.9.Determinación de los límites de consistencia líquido y plástico.	52
7.9.1.Equipos	52
7.9.2.Procedimiento	53
7.10.Determinación del límite plástico.....	54



7.10.1.Equipo	54
7.10.2.Procedimiento	54
7.10.3.Fórmula para determinar el indice de plasticidad	55
7.10.4.Fórmula para calcular el indice de grupo.....	55
7.10.5.Condiciones para el IG	55
7.11.Nomenclatura para clasificación de suelos	57
7.12.Determinación del tipo de suelo por el método SUCS y HRB.....	58
7.13.Prueba de compactación de suelos proctor estándar.	60
7.13.1.Equipo	61
7.13.2.Procedimiento	61
7.13.3.Memoria de cálculos.....	62
VIII.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
8.1.Elaboración del bloque de adobe suelo cemento con el estudio realizado y normas establecidas en el reglamento de la construcción.	83
8.1.1.Materiales utilizados para elaboración del bloque adobe suelo cemento.....	83
8.1.2.Proceso de estudio al suelo	83
8.1.3.Equipo utilizado para elaboración del bloque de adobe suelo cemento.....	83
8.2.Fabricación del adobe suelo cemento.....	84
8.3.Prueba de resistencia a la compresión.....	84
IX. CONCLUSIONES	87
X. RECOMENDACIONES.....	88
XI. BIBLIOGRAFÍA	90
XII. ANEXOS.....	91



Índice de tablas

Tabla 1 Generalidades Geográficas.....	44
Tabla 2 Procedimiento de Cemento recomendado según Clasificación HRB.....	19
Tabla 3 El suelo-cemento como material de construcción	20
Tabla 4 Distribución granulométrica de suelos aptos para suelo-cemento	20
Tabla 5 Cuadro recopilatorio de granulometría para suelo-cemento.....	21
Tabla 6 Resistencia a la compresión al séptimo día de curado.....	26
Tabla 7 Prueba de la Caja.....	30
Tabla 8. Tabla para el cálculo de granulometría	52
Tabla 9. Resultados del estudio granulométrico del suelo en estudio.....	79
Tabla 10.Resultados de la determinación de límites de consistencia	80
Tabla 11. Clasificación de suelos por el método. HRB.....	58
Tabla 12. Clasificación de suelos por el método. SUCS	60
Tabla 13.Resultados de análisis de resistencia a la compresión	84
Tabla 14. Resultados de análisis de los ensayos en los laboratorios.....	85

Índice de figuras

Figura 1 Partículas de arcillas y arenas antes y después de ser mezcladas	13
Figura 2 Copa de Casagrande para determinación de límites de consistencia.....	14
Figura 3 Copa de Casagrande para determinación de límites de consistencia.....	15
Figura 4 Curva del ensayo Proctor.....	24
Figura 5 Gráfico relación Humedad-Densidad (Proctor) Nch 1534-1 y 2	25
Figura 6.Combinación de suelo con agua para la prueba de la caja.....	28
Figura 7. Introduciendo la mezcla de suelo en la caja.....	29
Figura 8. Enrrazando el suelo introducido en la caja.....	29
Figura 9. Prueba de la botella	31
Figura 10. Prueba para verificación del tipo de tierra apta para fabricar adobe	32
Figura 11. Prueba de color.....	32
Figura 12. Prueba olfativa	33
Figura 13. Prueba de resistencia.....	34



Figura 14. Tamizado del suelo	34
Figura 15. Homogenización del suelo con cemento.....	35
Figura 16. Homogenización del suelo con cemento y agua	35
Figura 17. Prueba para cantidad de agua apropiada en la mezcla	36
Figura 18. Prueba para determinar si esta lista la mezcla.....	37
Figura 19.Elaboración de adobes con la máquina Cinva - Ram.....	38
Figura 20. Maquina mecánica para elaborar adobes	39
Figura 21. Molde para fabricación de adobes con fondo.....	40
Figura 22. Molde para fabricar adobes sin fondo	40
Figura 23. Curado y almacenamiento de los bloques. 1er manera	41
Figura 24. Curado y almacenamiento de los bloques 2da manera	42
Figura 25.Prueba de resistencia al bloque en campo	43
Figura 26. Macro y micro localización del municipio San Rafael del Sur Comunidad la Gallina	46

Índice de anexos

Ilustración 1.Recopilación del material y homogenización por cuarteo	92
Ilustración 2.Determinación de la humedad in-situ y alterada	93
Ilustración 3. Lavado del material por el tamiz #200	94
Ilustración 4. Granulometría del lavado y secado en el horno.....	95
Ilustración 5. Proceso para determinación de Límites: Líquido y plástico	96
Ilustración 6. Cribado del material y homogenización para el ensaye proctor.....	98
Ilustración 7. Homogenizado y compactación del material en el ensaye proctor ..	99
Ilustración 8. Determinación de humedad del compactado en sus tres capas....	100
Ilustración 9. Homogenizado colocación y compactación del adobe.....	101
Ilustración 10. Extracción del bloque del molde y curado.....	102
Ilustración 11. Máquina cortando el adobe y la máquina de compresión	103

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



DEDICATORIA

Todo este esfuerzo lo dedicamos a Dios quien es el ser omnipotente que nos permitió lograr llegar hasta este alcance de nuestras vidas; y que siempre nos dio fuerzas, sabiduría para continuar durante todos estos años transcurridos en la preparación de nuestra carrera. Y aún más en la elaboración de este trascendental y fructuoso seminario.

A nuestros queridos y bellos padres quienes han sido el pilar fundamental de nuestras vidas, porque nos han impulsado y motivado para cumplir con nuestras metas y aspiraciones, quienes no solo con el apoyo económico, emocional y moral han hecho de nosotros lo que hoy en día somos, sino porque sobre todo han guiado nuestros pasos atreves de ejemplos, del cual rescatamos todos y cada uno de los valores que ellos en nosotros han inculcado, este nuevo paso que hoy logramos es gracias a ustedes, porque han confiado incondicionalmente en nosotros, y esa confianza que nos han brindado hoy la retribuimos con el agradecimiento y alegría de ver uno de nuestros sueños y metas culminados.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



AGRADECIMIENTO

Agradecemos primordialmente a Dios por darnos salud, fuerzas, inteligencia, sabiduría y permitirnos llegar hasta donde estamos; porque de otra manera no hubiese sido posible, así que todo lo debemos a él. También a nuestros queridos padres por el apoyo incondicional que nos han brindado a lo largo de nuestro nivel educativo sin importar las circunstancias todo para el desarrollo fundamental de nuestra educación tanto académica como personal.

A nuestros apreciados maestros que siempre estuvieron en buenos y malos momentos vigentes para ayudarnos en nuestras necesidades académicas durante todo este periodo de preparación universitaria. En especial agradecer al Msc. Oracio Alejandro López, Ing. Dorwin Altamirano e Ing. Oswaldo Balmaceda quienes brindaron siempre su apoyo incondicional para así hacer posible la realización y culminación de este trabajo.

A nuestro tutor Msc. Ervin Cabrera por su paciencia y certeras observaciones, a quien ofrezco mi más grande y sincera gratitud.

También a nuestra apreciada universidad por habernos dado la oportunidad de desarrollarnos y prepararnos como profesionales en una bella profesión la cual ejerceremos y representaremos con orgullo.



I. INTRODUCCIÓN

Las industrias o fábricas de materiales de construcción para mampostería en Nicaragua son diversas pero la mayoría de ellas solo se enfocan en elaboración de materiales como: Bloques, piedra cantera y ladrillo cuarterón. Estos materiales a su vez son de buena calidad pero tienen un costo no factible para personas de bajos recursos económicos especialmente en áreas rurales, esto conlleva a que muchas personas vivan en un ambiente no adecuado en sus viviendas por no tener los recursos necesarios para construir un hogar digno.

Es por esta razón que éste estudio está enfocado en analizar el adobe de suelo cemento, como un material de construcción en viviendas de tipo social. Para esto se determinó la calidad, resistencia y los métodos de elaboración; de tal manera que las personas lo puedan elaborar en el sitio y si es posible con material de su propio terreno.

El adobe suelo-cemento es el conjunto de suelo o tierra, cemento y agua, debidamente dosificados y compactados. Su aplicación según diferentes técnicas constructivas permiten la resolución de la envolvente (muros y pisos) conformando elementos monolíticos, mampostería de bloques o de ladrillos prensados y entramados.

Blanco, M., & Matuz, I. (2010). Indica que el suelo natural, siempre que reúna ciertas características granulométricas, puede ser sometido al tratamiento denominado “estabilización”.

En el presente estudio se describe la utilización del sistema constructivo de adobe suelo cemento, así también el proceso de elaboración del ladrillo. Otro punto a tomar en cuenta es la gran importancia de su utilización, desde el punto de vista arquitectónico, estructural y económico.



II. ANTECEDENTES

El hombre ha utilizado la tierra para erigir sus edificaciones , y por eso, el material de construcción más antiguo sigue siendo el adobe, y es sorprendente si escuchamos que un tercio de la humanidad habiten en viviendas hechas con tierra. Blanco, M. Matus, I. (2010).

Hoy en día se puede contar con los adelantos de la moderna tecnología al servicio de la construcción con adobe, nos referimos a la técnica de suelo estabilizado. Por consiguiente unas de las organizaciones que se enfoca a este tipo de nuevas estrategias e innovaciones en construcciones a base de suelo estabilizado; como es el adobe suelo cemento, es la organización (HPHN), denominada habitad para la humanidad Nicaragua. En conjunto de otras organizaciones como es la ONG, FZT,(FUNDESONIC), así también las alcaldías de las diferentes localidades donde se han implementado este tipo de proyectos. En Nicaragua la mayoría de los proyectos se han efectuado en la zona del pacifico y región central por el tipo de clima ya que el material es propenso a ser destruido mucho mas rápido en zonas de clima lluvioso, por ser utilizado específicamente mas en viviendas y muros. Blanco, M. Matus, I. (2010).

Hábitat para la Humanidad llegó a Nicaragua en 1984, por invitación del Consejo Evangélico Pro Alianza Denominacional, bajo cuya cobertura se iniciaron las primeras construcciones de las primeras viviendas con suelo estabilizado, “suelo cemento”; en la Comunidad Germán Pomares de Chinandega en el año 1994.

A partir de ese entonces se prosiguieron diversas construcciones en el país, donde muchas familias han sido beneficiadas, por los programas que la organización ha implementado. Enfocados en el apoyo continuo para el desarrollo comunitario, transformador y sostenible. Sobre todo en Jinotega, Matagalpa, Estelí, León, Chinandega, Managua, Bluefields, Carazo y Rivas han construido sus casas con Hábitat para la Humanidad.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Según Blanco, M. Matus, I. (2010). otros Proyectos que han generado mejores condiciones y calidad de vida en personas con bajos recursos económicos en diferentes partes del país, está la reconstrucción de 200 viviendas, en la costa caribe nombrado **“Intervención post-desastre en la comunidad misquita auhya pinhi”**.

Hábitat para la Humanidad Internacional, bajo su Programa Asistencia para Desastres, a través de Hábitat para la Humanidad Nicaragua y con el apoyo de la Fundación Americana Nicaragüense, inició en febrero del 2008, el Proyecto de reconstrucción de Auhya Pihni, que consistió en la reconstrucción de viviendas en mal estado afectadas por diferentes fenómenos naturales ocurridos años anteriores las casas de maderas fueron reemplazadas por viviendas de adobe suelo cemento en combinación de concreto, techos de zinc y pintura para exteriores, como resultado del trabajo en equipo el proyecto fue finalizado satisfactoriamente en agosto 2009.

Otro proyecto desarrollado por HPNHA fue la construcción de 150 viviendas unifamiliares en el municipio de san Rafael del sur comunidad la gallina. En el año 2010, con este mismo material de 36mts cuadrados cada vivienda, con un costo de \$ 3,459.82 dólares por vivienda; que parte de estos fueron aportados por diferentes fuentes de financiamientos, incluyendo subsidios públicos. (HPNH, 2010).

Para las construcciones de estas viviendas también estuvo en conjunto la alcaldía de San Rafael del Sur con el apoyo técnico de la Fundación para el Desarrollo social de Nicaragua (FUNDESONIC), experta en la construcción con el sistema de mampostería reforzada con muros de bloques de suelo cemento y supervisión técnica y capacitación a las familias beneficiadas.

En Masaya se realizó otro proyecto denominado, **(Mejoramiento del Habitar en cuatro barrios de la ciudad de Masaya)**. Para el año 2011 donde más de 50 familias fueron beneficiadas, participó la alcaldía de la ciudad como así también la ONG. Con un monto aproximado de \$200,000 dólares la inversión total del proyecto.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



En la ciudad de Estelí se realizó otra obra a base de suelo cemento nombrado. **“Mejorando las capacidades humanas y de infraestructura de emprendedores locales para incrementar su productividad”**, en el año 2012, con el objetivo de mejorar las viviendas a mujeres emprendedoras que son padre y madre a la vez según Hábitat para la humanidad Nicaragua; fue una oportunidad para que 150 familias emprendedoras del Distrito III del municipio de Estelí, mejoren la productividad de sus pequeñas empresas y las condiciones de salud, tanto de sus propias familias como de los consumidores de los productos alimenticios elaborados por ellas.

Para el año 2017 HPHN realizará la construcción de 250 viviendas unifamiliares en el Municipio de San Rafael del Sur Comunidad la Gallina. A partir de enero del reciente año pretende arrancar con dicha obra; el propósito de esta es reconstruir las viviendas que se encuentran en mal estado y así ayudar a mejorar las condiciones de vida en las que se encuentran estas familias. Cada vivienda tiene un monto aproximado de \$4,500, en el proyecto participara la alcaldía de esta localidad como así también la ONG y (FUNDESONIC), según la planificación de este a finales del año 2017 dará por culminada la obra.

“Del total de viviendas construidas, actualmente el 73% son de adobe, sobre todo en Nueva Segovia, Estelí, Madrid y parte de Jinotega”, se concentran la mayor parte de viviendas construidas con este material según estudios realizadas por.(HPHN).



III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El adobe suelo cemento como material de construcción hoy en día, en la mayoría de construcciones que es aplicado no es elaborado con especificaciones técnicas y normas que rigen el reglamento nacional de la construcción, esto conlleva a diferentes problemáticas que han efectuado pérdidas materiales como humanas en distintas partes del país.

Y por consiguiente el resultado de esto hace procrear culturas y pensamientos negativos que a la hora de implementarlo en diferentes obras, esto hace considerar por muchos que es un material anti estético y mala calidad para ser usado en la construcción; por esta razón se pretende demostrar en este estudio que la buena implementación, elaboración y aplicación de normas técnicas, hace de este un material de buena calidad y estético. En comparación al bloque común y corriente es mas factible de obtenerlo por su costo económico, el bloque de concreto asimila un precio de 20 a 22 córdobas y un bloque de adobe de 10 a 12 córdobas con mas prioridad adquirirlo y que al aplicar las normas técnicas que se establecen para su elaboración hace de éste un material eficiente y buena calidad para ser aplicado en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en municipio de San Rafael del sur comunidad la Gallina, así también en donde sea usado como material de construcción.

Además su factibilidad ayuda a reducir más costos económicos, ya que es un pieza que puede ser fabricado en el sitio con suelo de su propio entorno, siempre y cuando cumpla con los parámetros que se establecen en Reglamento Nacional de la construcción. A su vez esto también influye en reducción de bajo impacto ambiental, y prioriza que puede ser adquirido por personas con escasos recursos, como los que se presentan generalmente en toda la población que habita en la comunidad la Gallina que de igual forma también enfatiza en la de reducción de riesgos a fenómenos naturales especialmente sismos ya que en la zona del pacifico esta propensa a este tipo de fenómenos y dar mas seguridad en las viviendas.



IV. JUSTIFICACIÓN

En el presente estudio se pretende demostrar la importancia y aprovechamiento del adobe suelo cemento, en nuestro país como un recurso que podemos adquirir de nuestro entorno y que contribuye a una mejor calidad de vida, seguridad y una forma ecológica de contribuir al deterioro del medio ambiente.

Este estudio se enfoca en la elaboración de adobe suelo cemento que contribuirá en la implementación de este bloque para la construcción de viviendas unifamiliares de tipo social, y que brindaran mejores condiciones de vida para las personas que habitan actualmente viviendas que se encuentran en extremas condiciones de mal estado y de igual manera este estudio aportara para futuros proyectos con este tipo de sistema constructivo. Con normas y técnicas constructivas; que a la hora de construir da mas seguridad a las viviendas siempre y cuando se tomen todas las normas y técnicas adecuadas que se rigen en el reglamento de la construcción. Se define todo el procedimiento, estudios y pruebas realizadas, así también la identificación del material apto para fabricar adobe, en el desarrollo del trabajo se describe paso a paso todo lo realizado hasta dar por culminado el objetivo. Elaboración de adobe suelo cemento de buena calidad y resistencia para la construcción de viviendas mínimas en el Municipio de San Rafael del sur Comunidad La Gallina.



V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Determinar la resistencia y calidad del suelo para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el Municipio de San Rafael del Sur Comunidad La Gallina.

5.2. Objetivos específicos

- Describir especificaciones técnicas utilizadas para la elaboración del bloque de abobe suelo cemento.
- Elaborar bloque de adobe suelo cemento con los parámetros y normas establecidas en el reglamento de la construcción.
- Determinar la resistencia a la compresión del bloque de adobe suelo cemento.



VI. MARCO TEÓRICO

6.1. Suelo Cemento

6.2. Consideraciones Generales

En la actualidad, impulsadas por constantes investigaciones en el ámbito mundial, se registran interesantes innovaciones tecnológicas respecto de las técnicas constructivas en tierra, caracterizadas por simplicidad, eficiencia, economía y bajo impacto ambiental. Entre ellas, el suelo-cemento como insumo básico, destaca una de las posibilidades del uso de la tierra para la construcción de viviendas.

El suelo como material de construcción, a través de todas las épocas ha sido el más antiguo utilizado por el hombre. Hay evidencias que las construcciones con bloques de suelo moldeados y secados expuestos al sol, ya se utilizaban a finales del periodo neolítico.

El suelo aparece en la época Prehistórica, como material constructivo siendo el hombre que recurre a la tierra para obtener sus alimentos, a través del cultivo y así mismo descubre que también puede moldearla y secarla al sol. Así fueron creando con el tiempo viviendas, centros religiosos y gran variedad de estructura, perfectamente adaptadas al clima y medios de vida de los pueblos que lo construyeron. Las murallas de Jericó (Palestina) es el asiento de más temprana evidencia en la construcción con barro secado al sol, arrasado a mano, a mil años antes de Cristo.

Como el adobe posee como materia prima la tierra o el barro para prevenir las grietas que se originan en el proceso de secado y endurecimiento, como material de refuerzo se utilizaba la paja (pasto). Fue en la construcción de casas residenciales que se llega a alcances elevados de estética y técnicas constructivas.

El hombre siempre ha utilizado la tierra para erigir sus edificios, y por eso, el material de construcción más antiguo sigue siendo el adobe, según, **Blanco, M., & Matuz, I. (2010)**. Un tercio la humanidad habitan en viviendas hechas con tierra.



Como es natural, la tierra como material de construcción ha sido sometida a diferentes experimentos y como resultado. Hoy se puede contar con los adelantos de la moderna tecnología al servicio de la construcción con adobe, nos referimos a la técnica de suelo estabilizado. Y que estos modernos avances tecnológicos en cuanto a este material hace construir con mayor seguridad en cuanto a su comportamiento estructural en relación al bloque común de concreto, el sistema constructivo es aplicado de igual manera ya sea como mampostería confinada o reforzada a diferencia que los mampuestos que conforman la mampostería uno es de bloque de adobe suelo cemento y el otro de bloque de arena y cemento; las normativa que se emplea es casi igual, en cuanto espesor de pared, dimensiones del bloque, dinteles, alturas de muros o paredes, cimentaciones, y su comportamiento estructural de ambos actuara en dependencia de la calidad del mampuesto elaborado como así también sus cimentaciones vigas y columnas pero que generalmente la mayoría de las construcciones en Nicaragua a base de adobe suelo cemento son de una planta la mayoría y en cambio el bloque de concreto de 2,3 a mas

6.3. Concepto de adobe Suelo Cemento

El adobe suelo cemento es un bloque conformado por una combinación de suelo, cemento, cal y agua, todos estos componentes del bloque permiten que sea un material resistente y duradero, para que todo esto se logre y sea aplicable en la construcción hay que tener en cuenta que el suelo sea un material apto para su utilización, y cumpla con los rangos permisibles que dice la norma. En el caso del cemento y la cal tienen que estar protegidos del agua y el sol para que no adquieran humedad. . **Blanco, M., & Matuz, I. (2010).**

La adición de un agente estabilizante, como el cemento, permite aprovechar mejor sus cualidades y añadir otras que por sí sólo no posee. Este procedimiento de estabilización consiste en extraer el suelo natural del terreno, pulverizarlo, agregarle una cantidad determinada y reducida de cemento, adicionarle agua hasta el humedecimiento óptimo de la mezcla y compactarlo razonablemente, con lo que se



obtiene una masa de gran resistencia al terminar el endurecimiento. De esta manera se consigue que el material soporte cargas de trabajo muy superiores a las que podría resistir el suelo.

6.4. Componentes del suelo cemento

6.4.1. Cemento

El cemento es un polvo fino que en contacto con el agua, forma una pasta que tiene la propiedad de unir firmemente como un pegamento, diversos tipos de materiales de construcción después de endurecido. No se descompone, aun cuando se somete nuevamente a la acción del agua. Por eso, las construcciones hechas con materiales a base de cemento son resistentes y durables.

Cemento es el nombre popular del producto, el nombre técnico es cemento portland. Las materias primas del cemento son caliza, arcilla, yeso y otros materiales denominados adiciones. Su fabricación exige grandes y complejas instalaciones industriales, con un horno giratorio que llega a alcanzar temperaturas próximas a los 1500° C.

En el mercado local existen diversos tipos de cemento. La diferencia entre ellos está en la composición, pero todos cumplen las exigencias de las normas ASTM. Cada tipo tiene la norma estampada en el embalaje, para facilitar la identificación.

El tipo de cemento producido y utilizado en Nicaragua, es el Cemento Portland GU, con la norma estampada ASTM C-1157. El cemento se comercializa en bolsas y a granel, según requerimientos de la demanda. Una bolsa de cemento ocupa un volumen bruto de un pie cubico, con peso de 42.5 Kg o 94 Libras. El cemento en bolsas puede almacenarse cerca de tres meses, desde luego que el local donde será estibado, debe ser cubierto, seco y ventilado.

Además de eso, el cemento debe ser colocado sobre tarimas de madera, en estibas de 14 bolsas si se almacena por poco tiempo y de 7 bolsas si estará más de dos meses. **Blanco, M., & Matuz, I. (2010).**



6.5. . Concepto y características del Suelo

6.5.1. Características

Una de las grandes ventajas del suelo cemento, como ya se dijo, es utilizar un material local disponible en abundancia, Pero es necesario usar un suelo adecuado, el suelo arenoso, aquel que tiene una parte mayor de arena y otra menor de arcilla o limo, es un suelo adecuado; la arena que no tiene ninguna cantidad de arcilla no es adecuada para producir suelo cemento.

El suelo arcilloso, que contiene más arcilla que arena, tampoco es adecuado. Requiere una cantidad mayor de cemento, y es difícil de mezclar y compactar. Esta limitante podría ser corregida con la adición de arena, sólo que hay límites económicos y técnicos para eso. En este caso, es recomendable consultar un profesional especializado.

6.5.2. Concepto

El suelo se puede definir como un material trifásico compuesto por una fase sólida, una líquida y otra gaseosa. La fase sólida la constituyen minerales variables formando una estructura que depende de los tipos, el tamaño de sus diferentes partículas y la rigidez de su organización. La estructura del suelo en su naturaleza según **José Toirac Corral: 526.II.**El suelo–cemento como material de construcción contiene un elevado volumen de vacíos en forma de poros que pueden encontrarse total o parcialmente llenos de agua o agua y gas.

Desde el punto de vista de su empleo como material de construcción, el suelo se caracteriza en dos grandes grupos; los suelos finos, compuestos por arcillas y limos y los suelos gruesos formados por arenas y gravas. Estos dos grupos se fraccionan en subgrupos, tomando en cuenta la granulometría o distribución de los diferentes tamaños de partículas que contienen y la plasticidad que ofrecen con diferentes contenidos de humedad.

Cada subgrupo responde al comportamiento frente a las acciones internas y externas, como Por ejemplo: la permeabilidad, las densidades posibles de alcanzar, las deformaciones que pueden sufrir bajo carga y la estabilidad o resistencia entre



otros parámetros. Basado en los sistemas de clasificación se pueden abarcar una gran mayoría de los suelos creados por la naturaleza en un reducido número de subgrupos y con relativa facilidad obtener una considerable información sobre cada suelo en específico.

6.6. Tipos de suelos

6.6.1. Suelos finos

En los suelos de granos finos como los suelos arcillosos y limosos cuando se mezclan con cemento y agua se producen durante el período de hidratación, unas fuertes uniones entre dichas partículas minerales para formar una microestructura en forma de un panal de abejas.

6.6.2. Suelos gruesos

Los suelos gruesos están compuestos por arenas y gravas que en sí forman partículas resistentes, poco solubles en el agua y por lo tanto al añadirle pasta de cemento no se logra una integración estructural íntima que transforma dicho suelo como en el caso de los suelos finos.

En los suelos gruesos la pasta de cemento forma puentes de unión entre las partículas dejando oquedades irregulares entre ellas. En caso que hubiera una fracción fina dentro de la masa de suelo grueso, existirá una combinación dentro de la micro estructura entre el panneloide y el aleatorio. Cuando predomina la fracción gruesa de un suelo, este tendrá siempre un menor consumo de cemento que los suelos finos puros.

Como se explicará posteriormente las mezclas de suelo-cemento como material de construcción de elementos estructurales para edificaciones de cualquier tipo deben cumplir varios requisitos, entre ellos ser económicas y tener la suficiente durabilidad y lavorabilidad.

Esto se cumple en la gran mayoría de los casos cuando existe un predominio de las fracciones gruesas y la suficiente fracción fina que aporta la cohesión necesaria para poder trabajar con esta masa.

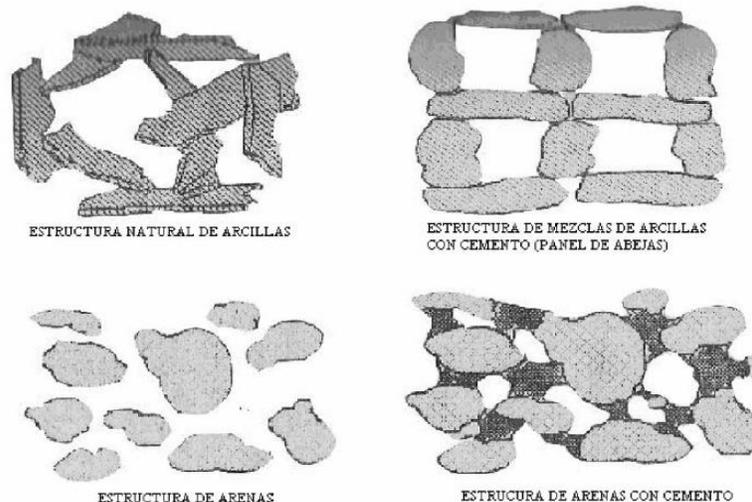


Figura 1 Partículas de arcillas y arenas antes y después de ser mezcladas

6.7. Clasificación de los suelos

Existen dos vías para proceder a la clasificación de los suelos, la primera y más precisa, es por medio de ensayos físicos de laboratorio. La segunda, mucho menos precisa, es por medios de ensayos elementales de campo que no requieren una tecnología especializada.

6.7.1. Suelos aptos para mezclas de suelo-cemento

Se consideran suelos aptos para mezclas de suelo-cemento aquellos cuyos consumos de cemento en peso se encuentren entre 5 y 12%. Además, que la lavorabilidad sea tal que permita la producción de los elementos a fabricar.

Generalmente los suelos aptos son aquellos que tienen tales proporciones de suelos gruesos y finos que producen una granulometría abierta, sin predominio excesivo de un determinado tamaño. De igual forma su plasticidad debe ser tal que aporte una determinada cohesión a la mezcla, lo que mejora la lavorabilidad y aumenta el aislamiento térmico sin que se produzcan agrietamientos por contracción.



6.8. Límites de consistencia o límites de Atterberg

Los límites de plasticidad lo fijan el límite líquido y el límite plástico del suelo. Ambos límites están representados por un por ciento de humedad y tiene el siguiente significado físico:

Límite líquido: por ciento de humedad en que el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. En otras palabras el límite líquido refleja el punto (% de humedad) en que el suelo comienza a fluir como un líquido. Y cierra una abertura de 12.7 mm. Al dejarse caer 25 veces desde una altura de 1 cm. Para esta prueba se utiliza la copa de Casagrande ver, (**Fig.2**).

Límite plástico: por ciento de humedad en que el suelo pasa de un estado rígido (elástico) a un estado plástico. Con la resta aritmética de ambos límites se obtiene el índice plástico o rango de humedades en que el suelo se comporta plásticamente. O también se define cuando el contenido de humedad en el que el suelo se comienza a desmoronar cuando se forma un rollo de 3.2 mm de diámetro Y de 15 a 20 cm de largo.

Límite líquido < 45%

Límite plástico < 18%

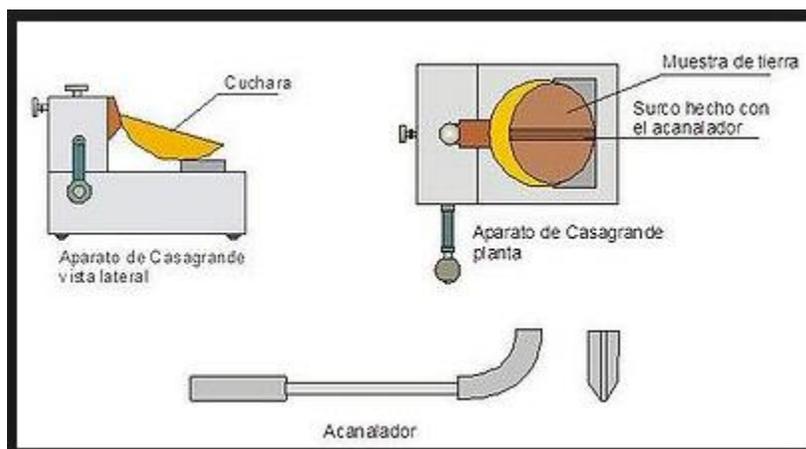


Figura 2 Copa de Casagrande para determinación de límites de consistencia

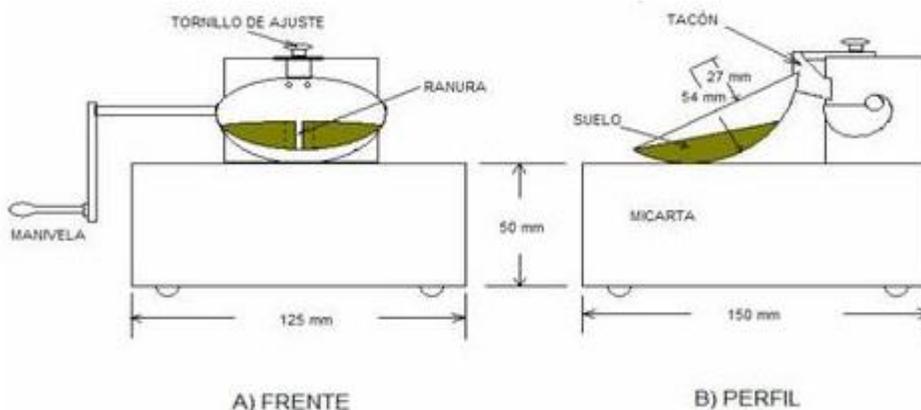


Figura 3 Copa de Casagrande para determinación de límites de consistencia

En sentido muy general, los límites de consistencia pueden variar en dependencia del tipo de suelo y su contenido de humedad. Para la mezcla de suelo-cemento, definiremos los suelos en dos tipos: suelos eficientes y suelos deficientes.

6.9. Tipos de suelos para la mezcla de suelo cemento

6.9.1. Suelos eficientes

Estos son los que naturalmente reaccionan perfectamente ante una proporción relativamente pequeña de cemento y entre estos podemos citar:

- Suelos arenosos y suelos con grava
- Suelos arenosos con deficiencia de partículas finas
- Suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad

6.9.2. Suelos arenosos y suelos con grava

Estos suelos con aproximadamente entre un 10% y un 35% de limo y arcilla combinados, tienen las características más favorables y generalmente requieren la mínima cantidad de cemento para un endurecimiento adecuado.

6.9.3. Suelos arenosos con deficiencia de partículas finas

Tales como arenas de playas permiten obtener un buen suelo cemento a pesar de que la cantidad de cemento necesario será mayor que para los arenosos normales.

6.9.4. Suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad

Permiten preparar un suelo-cemento satisfactorio, pero mientras más arcilloso, mayor será el porcentaje de cemento que necesitará nuestra mezcla.



6.9.5. Suelos deficientes

Estos son los que naturalmente no reaccionan bien ante una proporción relativamente pequeña de cemento, es decir, necesitan mucho cemento para poder endurecer y entre estos podemos citar:

- Suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad
- Suelos orgánicos

6.9.6. Suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad

Estos necesitan buena cantidad de cemento debido a su alta plasticidad y poca resistencia.

6.9.7. Suelos orgánicos

Son suelos con mucha materia orgánica lo que dificulta mucho el proceso además de que necesitan mucho cemento para poder endurecer no son muy recomendables, es decir, sería mejor no hacerlo con este tipo de suelo.

6.9.8. Suelo ideal

Un suelo que sería ideal para la mezcla de nuestro suelo cemento debe cumplir con varios requisitos con los cuales diríamos que nuestra mezcla fuera casi perfecta y el volumen de cemento fuera mínimo debido a que las deficiencias del suelo fueran mínimas también. El suelo ideal para una mezcla suelo-cemento debe cumplir con las siguientes características para que dicha mezcla sea de buen funcionamiento y posea cantidades mínimas de cemento:

- Máximo agregado de arena 80% (óptimo del 55% al 75%)
- Máximo agregado de limo 30% (óptimo 0% al 28%)
- Máximo agregado de arcilla 50% (óptimo 15% al 18%)
- Máximo agregado de materia orgánica 3%
- Debe pasar por un tamiz de 4,8 mm

Cuando los suelos que abundan en una determinada zona no cumplen con la granulometría especificada en la Tabla I, por exceso o defecto de alguna fracción (fina o gruesa) siempre es posible añadir otro suelo para lograr la mezcla deseada.



Por ejemplo, si se diera el caso de un suelo con demasiado contenido de fracciones gruesas y poca o ninguna fracción fina, sería necesario encontrar otro suelo que al contrario tuviera bastante arcilla para determinar la proporción necesaria a añadir al suelo granular.

De esta forma se obtiene un nuevo suelo que sí nos cumple con el rango granulométrico (sin exceder los requisitos de plasticidad) y es apto para obtener una buena mezcla que ahora sería, suelo-suelo-cemento. Adelante en el punto “Mezclas de dos Suelos” se ofrece un procedimiento sencillo para hallar las proporciones adecuadas de mezclas suelo-suelo.

6.10. clasificación de los suelos para mezclas de suelo-cemento

Como se ha señalado en el punto: “Clasificación de los suelos “, existen dos posibilidades para mezclas de suelo-cemento, el método de laboratorio (preciso), y el método de campo (poca precisión).

Según sea la necesidad de clasificar suelos para un plan de construcción de varias obras o que se requiera para una obra aislada, se tomaría el método de laboratorio o de campo respectivamente. Las diferencias fundamentales serían que con los métodos de campo siempre habría que emplear un % de cemento mayor en la mezcla y la garantía de calidad se reduce con relación al método de laboratorio. A continuación se procederá a presentar ambos métodos de clasificación.

Método de Clasificación Basado en Ensayos de Laboratorio. Todos los ensayos básicos para clasificar los suelos se realizaran basados en normas y estos son:

- a) Ensayos de granulometría.
- b) Ensayos de límites de consistencia.

El sistema de clasificación a emplear es el HRB (Highway Research Borad, Inglaterra), se puede ver en la (**Tabla. 4**), a continuación y también en esta Tabla se pueden observar los ajustes realizados en la clasificación HRB ara abarcar las exigencias que determinan las mezclas de suelo-cemento. Este aspecto se trata en el punto “Valoración”. En la propia Tabla 4. se pueden observar los límites impuestos

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



a las categorías de suelos basados en las pruebas de laboratorios realizadas, así como en lo recomendado por las literaturas internacionales recomendadas.

Suelo A-1.

Estos suelos están constituidos por fragmentos de rocas, gravas y arenas. Como se señaló en un acápite sobre suelo-cemento, se puede deducir que con estos suelos, por si solos, no se lograrían mezclas económicas y de fácil laborabilidad, ya que prácticamente no existe la fracción fina compuesta por arcillas y limos.

Por lo tanto los suelos A-1 se encuentran en aquellos casos en que hay que añadir otro suelo que contengan un elevado contenido de fracción fina (suelo-suelo-cemento).

Suelo A-3.

Estos suelos están compuestos por arenas más bien finas (arenas de playa) y tienen las mismas deficiencias que los suelos A-1, la ausencia de una fracción fina (arcillas y limos). Además, por ser arenas finas carecen de una fracción gruesa (gravilla y arena gruesa) y esto puede ser perjudicial en el sentido que habrá una mayor necesidad de pasta de cemento para lograr la mezcla adecuada y por lo tanto se incrementarán los costos por mayor consumo de cemento.

Suelos A-2.

Estos son los suelos ideales para producir suelo-cemento debido a su amplia granulometría, ya que contienen casi todas las fracciones; gravas, arenas, limos y arcillas. Dentro de este grupo hay que destacar los suelos A-2-4 como el óptimo que puede entregar la naturaleza. Con estos suelos raras veces se supera el 6% de cemento (en peso) en las mezclas de suelo-cemento para obtener las características deseadas.

Suelos A-4 y A-5.

Estos suelos son generalmente limosos ligados con arcillas y arena de fina a media. Para grandes áreas de construcción se requiere mezclar los mismos con suelos



más gruesos o incrementar los por cientos de cemento para lograr mezclas adecuadas.

Suelos A-6 y A-7.

Estos suelos por sus altos contenidos de arcillas resultan muy costosos en las mezclas de suelo-cemento por las siguientes razones:

- Requieren mayor consumo de cemento.
- Muy difícil secarlos al aire y destruir sus grumos.
- Sufren grandes contracciones al secado (producen grietas y fisuras).
- Requieren mucho tiempo para lograr una buena mezcla con el cemento.

Se debe aclarar que lo expuesto anteriormente, no significa que no se puedan emplear estos suelos, pero ello requiere estar dispuestos a gastar más, trabajar más y un mayor tiempo de ejecución.

De acuerdo a estos resultados y otros de literatura extranjera consultada, se puede presentar la (**Tabla.1**). donde se recogen los porcentos de cemento recomendados según el tipo de suelo de acuerdo a la clasificación HRB.

Tabla 1 Procedimiento de Cemento recomendado según Clasificación HRB

Porciento de cemento recomendado

Tipo de Suelo HRB	Rangos Promedio de Cemento		Contenido de Cemento
	% por Volumen	% por Peso	Recomendado-en %de Peso
A-I-a	5-7.	3-5.	5
A-I-b	7-9.	5-8.	6
A-2	7-10.	5-9.	7
A-3	8-12.	7-11.	9
A-4	8-12.	7-11.	10
A-5	8-12.	8-13.	10
A-6	10-14.	9-15.	12
A-7	10-14.	10-16.	13

Fuente. Tomado de Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Ciencia y Sociedad, vol. XXXIII, núm. 4, octubre-diciembre, Instituto Tecnológico de Santo Domingo Santo Domingo, República Dominicana.



A-6 y A-7

No son recomendables por razones económicas. Así mismo, de acuerdo a la calificación cualitativa de suelos eficientes y suelos no eficientes para realizar mezclas de suelo-cemento desarrollado en el punto *Suelos Aptos Para Mezclas de Suelo-Cemento*, exponemos la siguiente (**Tabla.3**). Que posee la cantidad porcentual de cemento que debe tener la mezcla según el tipo de suelo que poseemos.

Tabla 2 El suelo-cemento como material de construcción

Tipo de suelo	Cantidad del cemento (%)
Roca triturada, grava con arena y arcilla bien graduada	0.5-2
Arena bien graduada	2-4
Arena pobremente graduada	4-6
Arcilla arenosa	4-6
Arcilla limosa	6-8
Arcilla con plasticidad media	8-12
Arcilla con plasticidad alta	12-15
Suelos orgánicos	10-15

Nota: El porcentaje está en función del peso del suelo

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.

6.11. Granulometría del suelo adecuado para adobe

El rango granulométrico del suelo en % pasado expresado en la Tabla 4. garantiza las buenas propiedades del suelo-cemento y es el siguiente:

Tabla 3 Distribución granulométrica de suelo aptos para suelo-cemento

Tamiz	% que pasado
3 pulg.	100
No. 4	100 – 50
No. 40	100 – 15
No. 200	50 – 10

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.



El suelo adecuado para ser estabilizado con cemento es el que da una resistencia elevada y se contrae poco al secarse. Un suelo ideal debe estar compuesto por arena, limo y arcilla; estos dos últimos en proporción tal, que den suficiente cohesión a la mezcla sin que se produzcan contracciones perjudiciales.

Existen diversas opiniones y distintas recomendaciones respecto de la granulometría óptima; sin embargo, todas estas coinciden en que los suelos ideales son los arenosos, por ser los que producen mejores resultados al ser estabilizados (Tabla.4).

Tabla 4 Cuadro recopilatorio de granulometría recomendadas para suelo-cemento

Autores	Recomendación	Arena [%]	Limo [%]	Arcilla [%]
Enteiche	óptimo	75	10	15
	rango	45 a 80	20 a 55	
De la Fuente	rango	55 a 80	20 a 45	
De Olarte	óptimo	70	15	15
U. de Valparaíso	rango	70 a 80	20 a 30	5 a 10
Minke	óptimo	70	30	
Walker, Keable	óptimo	45-80	15 a 30	5 a 20
Krüger	óptimo	60	40	

Fuente. Tomado de: varios autores. . “La Tierra .Material de Construcción”. Instituto Torroja. España.1987.

La (Tabla.4). Muestra una recopilación de datos de distintos autores que recomiendan granulometrías óptimas de suelos para ser estabilizados. La mayoría recomienda un mayor porcentaje en arenas (45-80%), luego limo (15-30%) y por último arcilla (10-20%). Aunque cada componente juega un rol importante dentro del conjunto del suelo, la arcilla es clave por tratarse de un material aglomerante, mientras que la arena y el limo dan estructura y estabilidad al sistema.



El resultado de los análisis de granulometría permite elegir el suelo más adecuado a emplear, siguiendo las recomendaciones expuestas en el cuadro comparativo (**Tabla 4**). El análisis granulométrico consiste básicamente en la determinación cuantitativa de la distribución del tamaño de las partículas del suelo.

El agua constituye otro elemento fundamental dentro del proceso elaboración de adobes, puesto que cumple dos funciones sustantivas. En primer lugar, permite el movimiento de las partículas sólidas de la mezcla al transportar a las más pequeñas entre las de mayor tamaño. En segundo lugar, activa las propiedades adhesivas de la arcilla.

6.12. Ensayo de compactación o densidad óptima para elaborar adobes

6.12.1. Mezcla de suelo cemento en relación a la humedad optima

La mezcla de suelo-cemento se comportará de forma similar al suelo natural que la compone, queriendo decir, que alcanzará su densidad máxima al ser compactado, cuando el mismo alcance el contenido de humedad equivalente a la humedad óptima, ambos determinados en el ensayo Proctor. La humedad que tendrá el suelo al ser secado al aire será la llamada humedad higroscópica.

Esta humedad tiene que tomarse en cuenta cuando se determine, sea por peso o por volumen, la cantidad de agua a añadir para obtener la humedad óptima. Dicho en otras palabras, la densidad máxima está representada por el mayor peso por unidad de volumen que se puede conseguir en una muestra de suelo, logrando esto por compactación, y para lograr una máxima compactación se necesita la humedad óptima, pasando de estado seco a plástico, aplicando carga y reduciendo el volumen de aire en el suelo.

En los suelos arcillosos, por tener poros muy pequeños, el tiempo de secado que requieren es bastante prolongado, sin embargo, necesario para poder proceder a su pulverización (destrucción de los grumos de arcilla). Solo con una buena pulverización es posible obtener buenas mezclas en que el cemento sea bien distribuido en toda la masa del suelo.



Puede considerarse hasta cierto punto una contradicción el que al ser extraído el suelo, el mismo tenga en la naturaleza la cantidad de agua necesaria para obtener una buena mezcla (humedad natural igual al límite plástico e igual a la humedad óptima), sin embargo, con esta humedad tan elevada es prácticamente imposible obtener una mezcla homogénea de suelo-cemento.

En otras palabras, no queda más opción que secar al aire el suelo arcilloso y proceder a su pulverización. En suelos granulares donde predomina la fracción gruesa esta operación es mucho más rápida y efectiva. A continuación se presenta la relación entre la densidad, la humedad y la energía de compactación. Estos tres factores son los de mayor importancia para alcanzar las resistencias necesarias, el mínimo de absorción de agua y la mayor durabilidad del suelo-cemento.

Como se ha señalado anteriormente, la densidad máxima se alcanza con la humedad óptima y ambos valores dependen de la energía de compactación que se emplee. En nuestro país, el ensayo Proctor esta normalizado para dos energías, la llamada estándar y la modificada. Ambos para determinar densidades proctor, Las energías específicas normalizadas son:

Ensayo Proctor Standard.....6.0 kg. cm/cm³

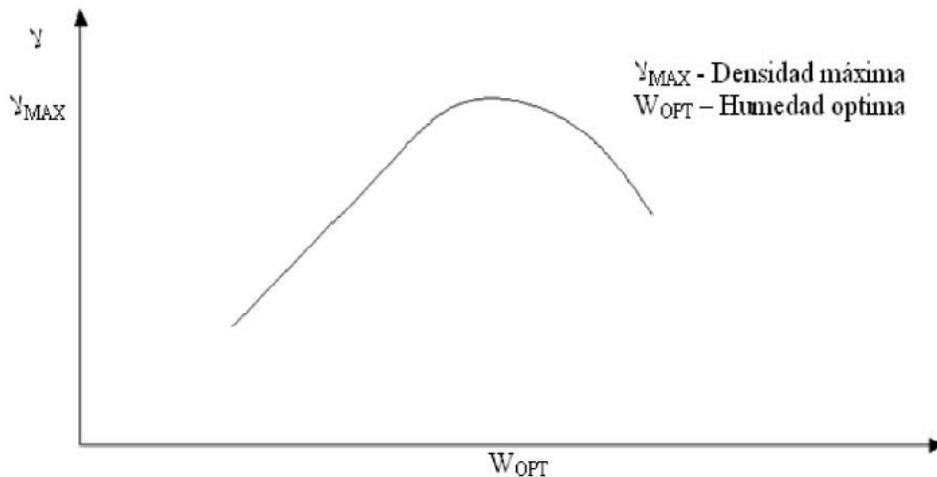
Ensayo Proctor Modificado..... 27.2 kg. cm/cm³

En la **(Fig.3 y 4)** se muestra cómo es posible determinar la densidad máxima que se debe obtener, en función de la energía de compactación que aporte la tecnología con que se cuenta. Con la densidad máxima real, se puede ir a la curva obtenida con dos ensayos proctor, uno estándar y otro modificado, para conocer la humedad óptima que se debe emplear en la mezcla.

Através de **la Fig.4** se aprecia la variación la densidad máxima y la humedad óptima con la variación de la energía. Esta variación sigue una curva muy bien definida y tiene una gran significación cuando en la construcción se emplean tecnologías cuyas energías no corresponden ni con la del Proctor estándar ni con la del modificado.



Figura 4 Curva del ensayo Proctor



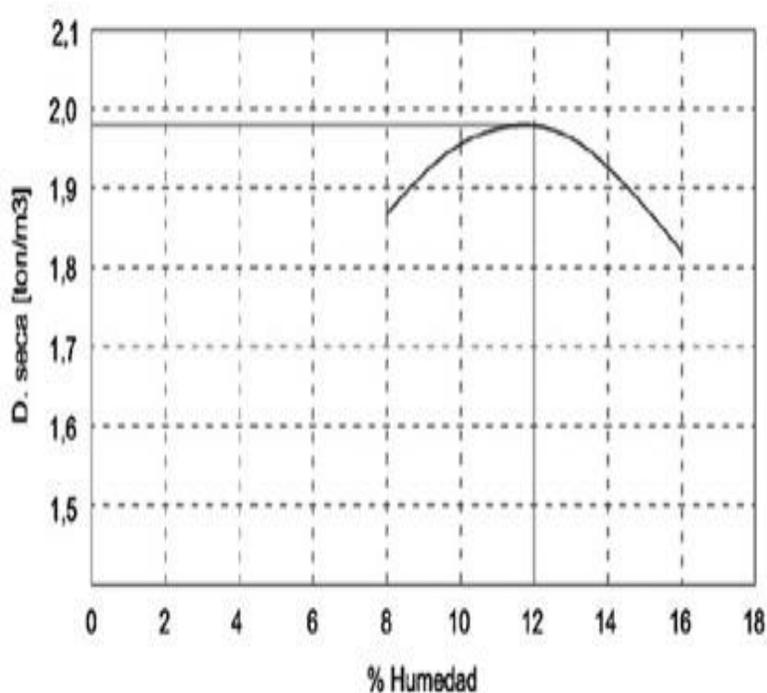
Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.

Una vez seleccionada la muestra de suelo, se procede a realizar un ensayo de compactación. El objetivo de este ensayo es el de aislar y estudiar en laboratorio la influencia de dos factores: la humedad del suelo y la energía de compactación proctor. Se debe determinar la correcta cantidad de agua de amasado a usar en terreno y el gasto de compacidad que puede esperarse al compactar el suelo a esa humedad óptima. Es recomendable realizar 5 muestras con distintos porcentajes de agua. Estas humedades deben diferir en aproximadamente 2% una de otra, es decir, 8%, 10%, 12%, 14% y 16% de agua para encontrar el porcentaje de humedad óptimo.

Luego, se calculan las respectivas densidades secas para cada una de las muestras compactadas. El gráfico (**Fig.4**) muestra las distintas densidades obtenidas en relación al porcentaje de humedad empleado.



Figura 5 Grafico relación Humedad-Densidad (Procto) Nch 1534-1 y 2



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Este ensayo permite encontrar el porcentaje de humedad óptimo de la muestra de tierra utilizada. De un 8% a un 10% de agua en las probetas la densidad en el suelo aumenta, como así también su resistencia a como se logra ver en el gráfico. La máxima densidad compactada se logra con un 12% de agua. A como se muestra en el gráfico. Este valor es fundamental, puesto que el grado de humedad de un suelo es una variable crítica en el proceso de compactación en un muro de tapial.

6.13. Combinación de suelo cemento y otros materiales estabilizantes

Según estudios realizados de combinación de suelo con otros materiales estabilizantes el cemento con la tierra es el que alcanza una mayor capacidad de resistencia a la compresión en cuanto a otros materiales estabilizantes ver. Tabla. El ensayo se realiza al séptimo día de fabricados las probetas. tabla.5.



Tabla 5 Resistencia a la compresión al séptimo día de curado

Materiales	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Suelo-paja (adobe-tradicional.)	7.25
Suelo-cal (4% cámara húmeda)	9.85
Suelo-cal (4% expuesto al sol)	2.9
Suelo-asfalto	14.92
Suelo-cemento	74.0
Suelo –yeso	16.9
Proctor (4% de agua)	13.5
Proctor (8% de agua)	39.6
Proctor (12% de agua)	31.9

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Las probetas con menor resistencia a la compresión son las probetas de suelo-paja (adobe: 7.25 Kg/cm²) y Suelo-cal (4% expuesto al sol), por el contrario las probetas que resisten un mayor esfuerzo a la compresión son las de tierra compactada (Proctor con 8% agua: 39.6 KgF/cm²) y las de suelo-cemento (10% cemento: 74 KgF/cm²). A como ilustra los resultados la **tabla, 5**.

Con estos datos se logra apreciar que el cemento como estabilizante aumenta sobre un 50% la resistencia a la compresión, en comparación a la tierra compactada sin aditivos, como comenta **Olarte y Guzmán (1993)**.

“La mayor resistencia a la compresión de un bloque de suelo-cemento correctamente curado alcanza entre 70 Kg/cm² a 85 Kg/cm. Como máximo o mínima resistecia a la copreción, a como se muestra en la tabla, 5; en cambio un bloque sin un buen curado tan sólo alcanzó los 35 Kg/cm². Los bloques de suelo-cemento poseen una gran resistencia a esfuerzos de compresión y la degradación-



por efecto del agua es reducida. La estabilización con cemento en construcciones de tapial, puede ser factible siempre.

Sobre la base de los valores de la **tabla. 2.** es posible estimar los rangos en que debe escogerse la cantidad de cemento en los ensayos de mezcla para determinar el contenido (en %) óptimo.

Debido a que muchos suelos tropicales contienen minerales compuestos que pueden atrasar o acelerar el proceso de endurecimiento cuando los mismos reaccionan con el cemento y el agua, es conveniente realizar ensayos de compresión a los 15 y 30 días, lo que permitirá determinar la tendencia del endurecimiento, permitiendo estimar valores de $f'c$ para edades mayores.

También hay que valorar qué tanto la poca cantidad como el exceso de agua inciden en la variación de la resistencia de las probetas de tierra compactada, una tierra demasiado húmeda no puede ser compactada adecuadamente; por que se adhiere al pisón impidiendo el trabajo y genera alteraciones o deformaciones en los bloques durante la etapa del secado. Sin embargo, un material demasiado seco tampoco va a funcionar aunque se compacte de modo correcto. Se necesita una proporción de agua suficiente para activar las arcillas y propiciar su acción aglutinante.

Una vez determinada la humedad óptima del suelo, se prosigue a elaborar suelo-cemento.

Los moldes permanecen siete días en la cámara húmeda, posteriormente son ensayados a compresión simple hasta la rotura, para determinar la resistencia máxima con respecto al porcentaje de cemento empleado.

6.14. Pruebas de campos para determinar si el suelo a utilizar es adecuado.

6.14.1. Prueba de la caja

Todas las pruebas que se muestran a continuación se realizan en campo al no tener la disponibilidad o recursos para realizarlas en los laboratorios, se pueden realizar-

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



por diferentes métodos o ensayos para determinar si el tipo de suelo a utilizar es adecuado para aplicarlo en la construcción con adobe suelo cemento.

Es fácil identificar la arena y el suelo con impurezas, pero lo que es difícil es saber que porcentaje es arena y fino, (limos y arcillas). Por eso puede hacerse siempre la prueba de la caja, para saber si un suelo es adecuado para producir suelo cemento. O también otras pruebas que de igual manera identifican el suelo adecuado para la elaboración de adobe suelo cemento.

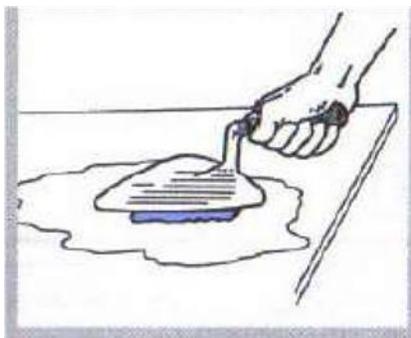
La prueba de la caja es muy simple según **Villavicencio (2011)**, solo se deben seguir los siguientes procedimientos:

Tomar una muestra de aproximadamente 4Kg del suelo que está a prueba, teniendo el cuidado de eliminar la capa superficial que contienen materia orgánica.

Pasar la muestra de suelo por un tamiz o zaranda de 4mm de 6mm de apertura.

Agregar agua en pocas cantidades, hasta que el suelo quede con apariencia de un mortero de asiente de bloque sólidos, o sea hasta que el suelo al ser presionado con una cuchara de albañilería, comience a pegar en su hoja. Ver **(fig.5)**.

Figura 6. Combinación de suelo con agua para la prueba de la caja



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

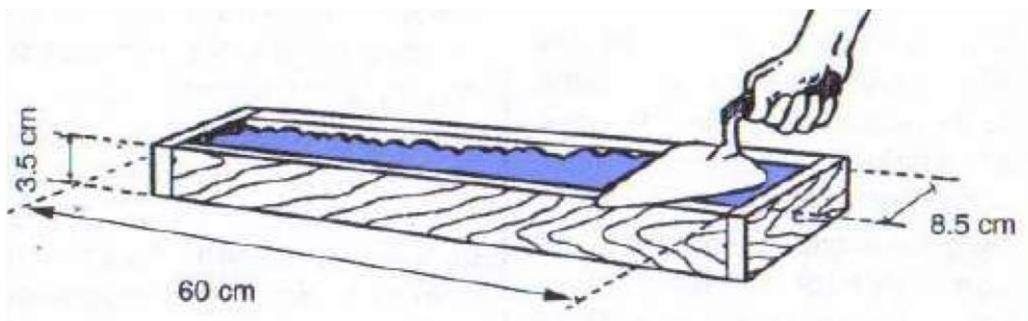
Colocar el suelo húmedo en una caja de madera con dimensiones internan de 8.5cm por 60cm de sección en planta y 3.5cm de altura. La parte internan de la caja debe ser untada con aceite.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Llenar la caja hasta el tape, presionando y alisando la superficie del suelo con una cuchara de albañil. Hay que tener cuidado que no quede ningún espacio vacío en su interior. Ver (fig.6).

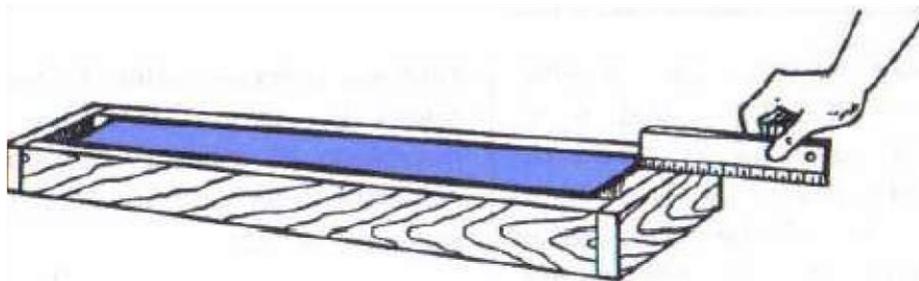
Figura 7. Introduciendo la mezcla de suelo en la caja



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

Dejar la caja guardada en ambiente cerrada, protegida del sol y de la lluvia durante siete días. Después de ese periodo, haga la lectura de la retracción encogimiento del suelo, en el sentido del largo de la caja y sume las medidas hechas en los dos lados de la caja si esa suma no pasa de 2cm y si no aparece grietas en la muestra, el suelo es adecuado y puede ser utilizado en la producción de bloques de suelo-cemento. Ver (fig.7).

Figura 8. Enrrazando el suelo introducido en la caja



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción



Dosificación

El uso del suelo del sitio de la obra es siempre la solución más económica. En cambio si éste no sirve, es preciso conseguir un suelo adecuado en otro lugar. Por cuestiones económicas este nuevo sitio debe quedar lo más próximo a la obra.

También el encogimiento de la tierra en la caja nos determina la proporción de cemento – tierra; para la mezcla que se utilizara en la producción de bloques comprimidos. En **Tabla 7**, muestra el resultado de diferentes pruebas que se han realizado, los mismos que ya son definitivos para su utilización.

Tabla 6 Prueba de Caja

Encogimiento	Proporción de cemento
No más de 1.2 cm	1 parte a 18 partes
Entre 1.2 y 2.6 cm	1 parte a 16 partes
Entre 2.6 cm y 3.8 cm	1 parte a 14 partes
Entre 3.8 cm y 5.0 cm	1 parte a 12 partes

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

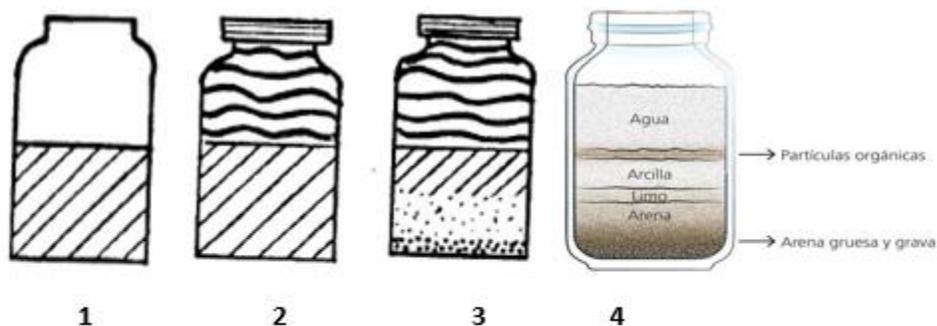
6.14.2. Prueba de determinación de partículas (prueba de la botella)

Esta prueba también analiza el suelo para encontrar la proporción de arena, arcilla y lodo blando, ver (fig.8.).

Se usa la tierra que tenga por lo menos 1/3 parte de arena y entre 5 y 30% de arcilla. Si la tierra que se tiene no es buena, mejorarse añadiendo arena o arcilla.



Figura 9. Prueba de la botella



- 1) Llenar la jarra con tierra hasta la mitad
- 2) Agregue 2 cucharaditas de sal. Llene con agua; tape la jarra y sacúdala durante 2 minutos.
- 3) Deje que se asiente por 30 minutos como mínimo hasta que el agua este completamente esclarecida

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

6.14.3. Prueba de solidez

Esta prueba indica la cantidad de empaque de la tierra, la cual depende del porcentaje de arcilla en la muestra, el procedimiento es el siguiente:

- 1) Tome un puñado de tierra colada seca y humedézcala hasta que sea posible formar una bola con ella cuando se apriete con la mano, pero de manera que no deje más que una ligera señal de agua en la palma de la mano.
- 2) Suelte la bola desde una altura de un metro más o menos para que caiga en suelo duro. Si la bola se rompe en algunas partículas pequeñas, la calidad de empaque es buena. Si se desmorona toda, no es buena.

6.14.4. Prueba del enrollado

Se forma un rollo de suelo hidratado. Y se desplaza entre el índice y el pulgar.

Si la muestra se rompe entre los 5 a 15 cm. El suelo es adecuado, para elaboración de adobe suelo cemento.

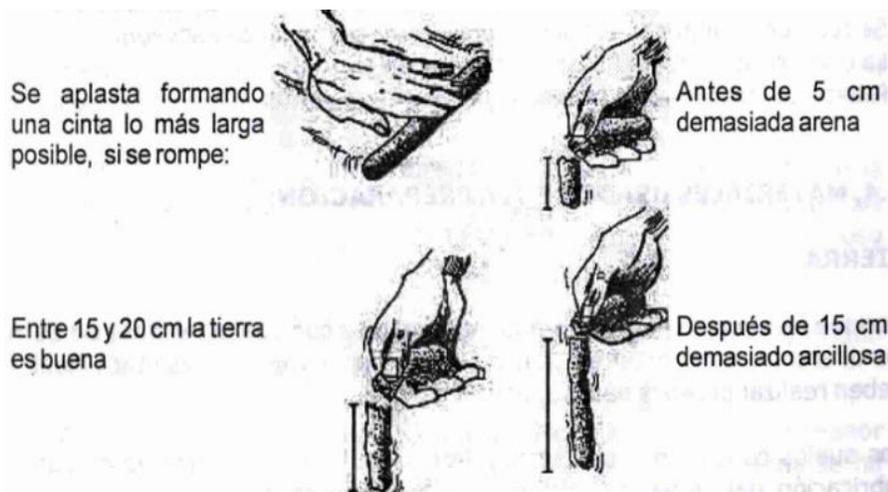
Si soporta una longitud mayor, debe añadirse arena gruesa.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



si se rompe antes de los 5 cm. El suelo no debe ser usado, para elaboración de adobe suelo cemento, Ver (fig.9).

Figura 10. Prueba para verificación del tipo de tierra apta para fabricar adobe



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

6.14.5. Prueba de Color

Se observa el color del suelo. Si es:

Negro: suelos orgánicos.

Rojo: presencia de óxidos de hierro, suelos resistentes.

Claros y Brillantes: inorgánicos. Gris claro: limosos, con carbonato cálcico, suelos poco cohesivos. Ver (fig.10).

Figura 11. Prueba de color



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



6.14.6. Prueba Dental

Se muele ligeramente una pizca de suelo entre los dientes.

Arenosos: partículas duras, rechinan entre los dientes, sensación desagradables.

Limosos: partículas más pequeñas, rechinan sólo ligeramente, más suaves que los arenosos.

Arcillosos: no rechinan, suaves y quebradizos.

6.14.7. Prueba Olfativa

Con el agua, nuestros sentidos Permiten identificar los componentes de la tierra:

Desprendimiento de un olor.

Tierra orgánica.

- Rugoso, quebradizo, poco pegajoso:

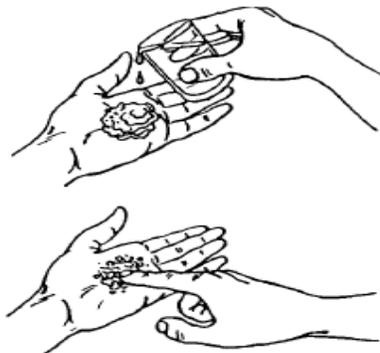
Tierra arenosa

- Fino, fácil de reducir en polvo, pegajoso

Tierra limosa

- Difícil de romper, lento para deshacerse en el Agua, muy pegajoso y fino. Tierra arcillosa. Ver **(fig.11)**.

Figura 12. Prueba olfativa



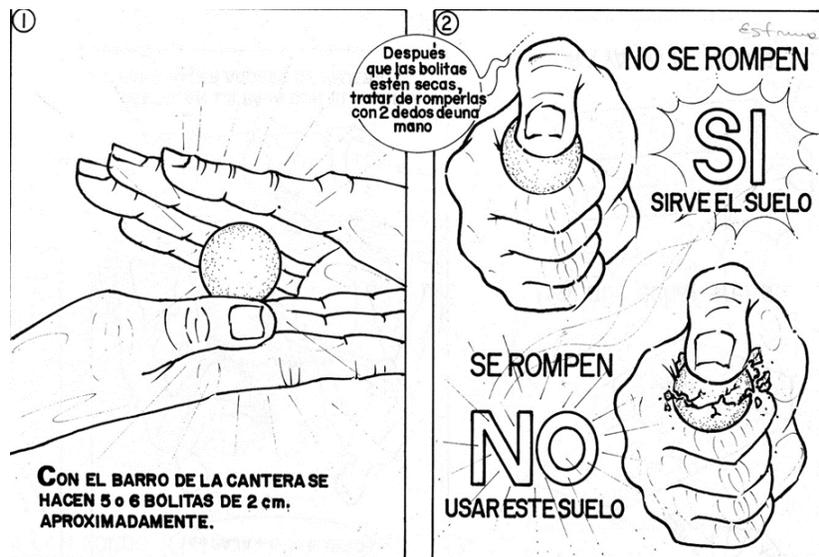
Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. *El suelo-cemento como material de construcción*



6.14.8. Prueba de resistencia seca o de la bolita

Si las bolitas no se rompen, significará que el contenido de arcilla conferirá adecuada resistencia a los adobes. Ver (fig.12).

Figura 13. Prueba de resistencia



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

6.15. Preparación o mezclado de suelo cemento

El mezclado del suelo cemento es siempre igual, cualquiera que sea el modo de utilizarlo, en obras de gran tamaño el suelo cemento puede ser producido en camiones mezcladores o en centrales de mezclado. En pequeñas obras, el mezclado es manual. Las mezcladoras no sirven para preparar suelo cemento. Ver (fig.13). Pase el suelo por un tamiz de abertura de 4mm a 6mm

Figura 14. Tamizado del suelo



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



- Extienda el suelo sobre una superficie lisa e impermeable, formando una capa de 20 a 30 cm; distribuya el cemento sobre el suelo. Ver **(fig.14)**.

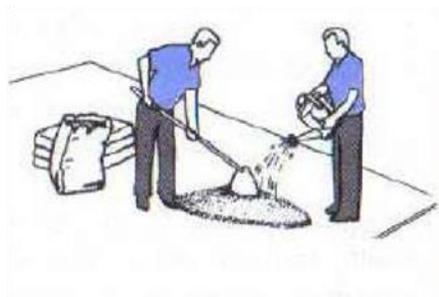
Figura 15. Homogenización del suelo con cemento



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

- Agregue nuevamente una capa de 20 a 30 cm y ahora vierta la cal.
- Luego se le agrega la última capa de suelo.
- Revuelva bien hasta que la mezcla quede con una presentación uniforme, sin manchas de suelo, cemento o cal.
- Si la mezcla está muy seca, se le agrega agua, en pequeñas cantidades (de preferencia usando una regadera) sobre la superficie y mezcle todo nuevamente. Ver **(fig.15)**.

Figura 16. Homogenización del suelo con cemento y agua



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



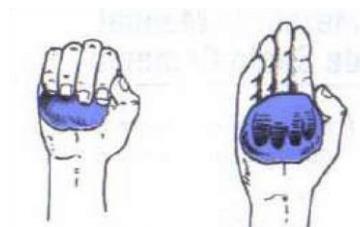
Los componentes del suelo cemento pueden ser mezclados hasta que el material constituya una masa húmeda, de color uniforme, próximo a su color es decir un color gris al ser combinado con el suelo utilizado, sin embargo levemente oscurecido debido a la presencia del agua. Es muy importante que la cantidad de agua sea correcta. En campo esa cantidad de agua se determina con la prueba de la bolita en **figura. 16 y 17**, se muestra y explica este procedimiento.

El suelo cemento compactado con mucha agua pierde resistencia y puede hasta producir grietas. Si la mezcla tuviera poca agua, la compactación se hace difícil y también habrá pérdida de resistencia.

A como explicó **Villavicencio (2011)**, existen pruebas prácticas para verificar si la cantidad de agua de mezclado es correcta, a continuación se muestran los pasos a seguir:

Llene bien la mano con la mezcla y apriete con mucha fuerza, luego abra la mano. La bola formada debe presentar la marca de sus dedos con nitidez. Ver **(fig.16)**.

Figura 17. Prueba para cantidad de agua apropiada en la mezcla



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. *El suelo-cemento como material de construcción*

Si no presenta esas marcas, hace falta agua a la mezcla. En ese caso, ponga un poco mas de agua y repita la prueba hasta que aparezca la marca de los dedos.

Luego, deje caer la bola en el suelo, desde una altura cercana a un metro, en el impacto la bola se debe deshacer, si eso no ocurre, hay exceso de agua en la mezcla. Ver **(fig.17)**.



Figura 18. Prueba para determinar si esta lista la mezcla



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

En ese caso revuelva la mezcla para que el exceso de agua se evapore, repita la prueba, dejando caer la bola de nuevo para verificar si la cantidad de agua llegó al punto correcto. La mezcla de suelo cemento comienza a endurecer rápidamente, por eso debe ser usada en un tiempo máximo de dos horas luego de preparada, por tanto evite mezclar más suelo cemento del que pueda usar en ese intervalo.

6.16. Colocación compactación y curado del suelo cemento

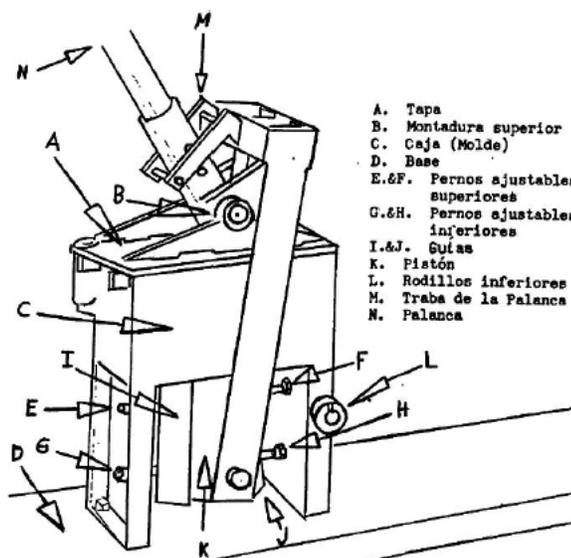
Para la producción de pequeños volúmenes de bloques de suelo cemento pueden ser utilizadas las siguientes adoberas, se puede elaborar de diferentes maneras; ya sea manual o de forma mecánica.

Maquina cinva – Ram para elaborar adobes

Es una herramienta portátil de fácil manejo y bajo costo, la prensa esta fabricada completamente de acero, tiene una caja molde en la cual un pistón operado a mano, comprime una mezcla de tierra y cemento ligeramente húmedo.

Esta maquina puede producir un promedio de 300 a 500 bloques por día, trabajando 2 personas por 8 horas. La mezcla usada para la fabricación de las unidades esta entre el 25% de arcilla, 70% de arena y un 5% de cemento. **Villavicencio (2011), Ver (fig.18).**

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

Tres personas es el equipo ideal para prensar, una llenando el molde, otra apretando (levantando la palanca a una posición vertical y luego hacia el otro lado de la posición inicial hasta que quede horizontal y destape), la tercera aflojando (colocando la palanca a su posición inicial) y la otra sacando (lleva el bloque al tendal para el curado y secado durante el periodo de 2 a 3 días, para el primer curado con agua). Ver (Fig.18). El equipo de tres puede producir fácilmente dos bloques por minutos si la mezcla esta preparada y cerca al lugar de trabajo.

Figura 19. Elaboración de adobes con la máquina Cinva - Ram



Fuente Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Adobera adopress de ITAL Mexicana

acterísticas: ver figura

Figura 20. Maquina mecánica para elaborar adobes

Tabla N° 1. Especificaciones de la Maquinaria.

ADOBERA Adopress	
Motor Eléctrico	2 h.p.
Personal de Producción	3
Elementos por Desmolde	1
Producción por Turno 8 Hrs.	700
Molde	10x15x30 cms.



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

El proceso de producción es sencillo:

- Se introduce la mezcla en el boquete de la Adobera.
- Luego se manipulan las palancas de la maquina, para abrir la tapadera y depositar la mezcla fresca de suelo cemento en el molde de 10x15x30 cms.
- Se baja la tapadera, que se encuentra unida a un brazo hidráulico, nivelando la mezcla y retirando el exceso.
- Mueva las palancas, para aplicarle compactación a la mezcla.

Luego de prensado vuelva las palancas a su posición inicial, para que la tapadera se abra y accione la palanca en el sentido de los ladrillos hacia afuera.

O tambien se pueden utilizar dos tipos de moldes manuales que estos se utilizan cuando no son obras de grandes magnitudes.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Con fondo

Producen adobes más uniformes, más densos, de mejor presentación. Ver (fig.20).

Figura 21. Molde para fabricación de adobes con fondo



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

Sin fondo

Suelen posibilitar un mayor avance en el proceso del labrado, pero producen mayor cansancio en los trabajadores. Ver (fig.21).

Figura 22. Molde para fabricar adobes sin fondo



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

6.17. Curado y almacenamiento de los bloques de adobe suelo cemento

El curado de los bloques es otro procedimiento importante que debe ser tomado con cuidado. Descuidarse en este paso podría echar a perder todo el trabajo que se haya echo antes.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Los bloques deben ser puestos en tablones lisos y limpios, lo suficientemente anchos para sostener los bloques a lo ancho. si no se tienen dichos tablones, los bloques deben ser colocados en un piso liso cubierto con papel o plástico de modo que no queden en contacto directo con el suelo. Ver **(fig.22)**.

Los bloques no deben ser empujados a otra posición después de que se han colocado. Si los bloques no pueden ser puestos en cubiertos o bajo un techo, se deben cubrir con papel pesado.

Deben de mojarse por lo menos tres veces al día durante una semana, para facilitar su fraguado y garantizar su resistencia.

Figura 23. Curado y almacenamiento de los bloques. 1er manera



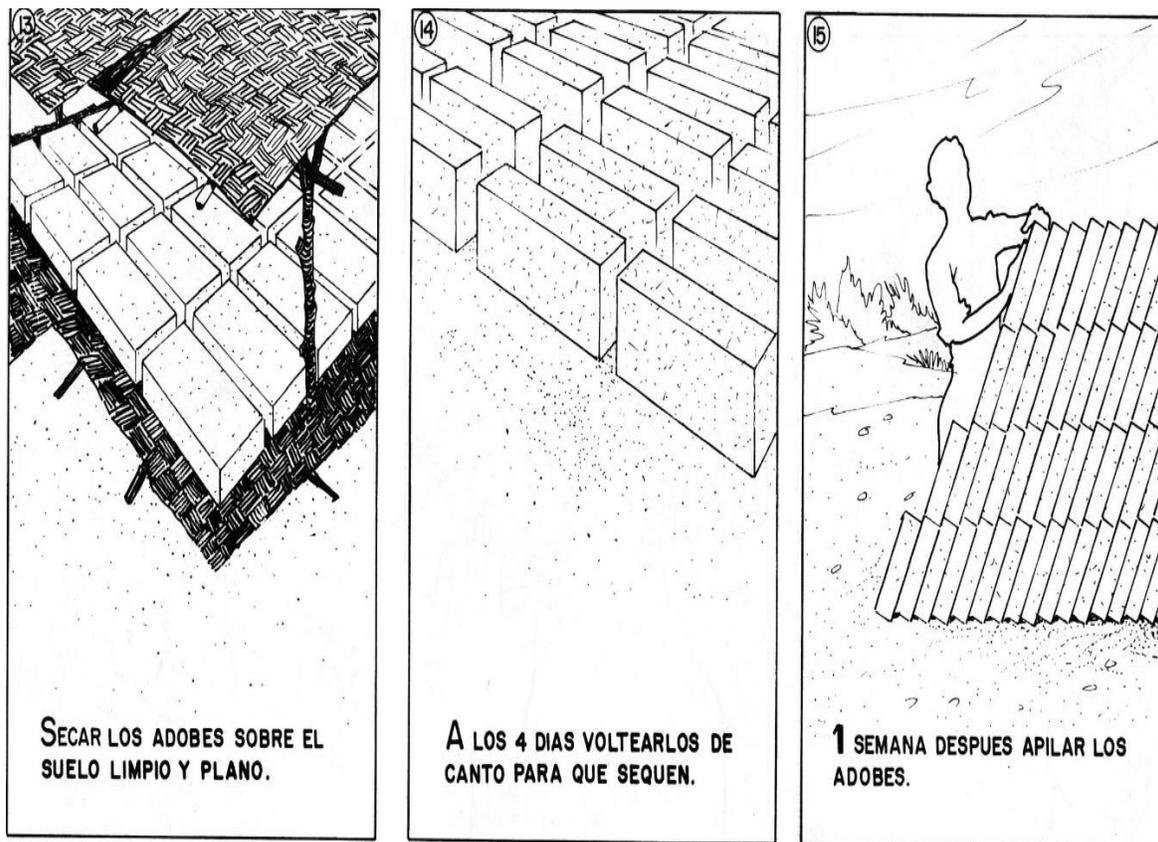
Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

Si hay escasez de lugar para amontonarse, los bloques pueden encimarse hasta la altura de cinco filas después de que hayan secado durante tres o cuatro horas manejados cuidadosamente.

Después de haberse secado durante una noche, todavía deben curarse durante 4 o 5 días mas regándolos 3 beses al día. Los bloques pueden encimarse hasta la altura de 10 filas, para los próximos 10 días de curado. Debe haber un espacio de 2 o 3 cm entre cada uno para dejarlos curar correctamente. Ver **(fig.23)**.



Figura 24. Curado y almacenamiento de los bloques 2da manera



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

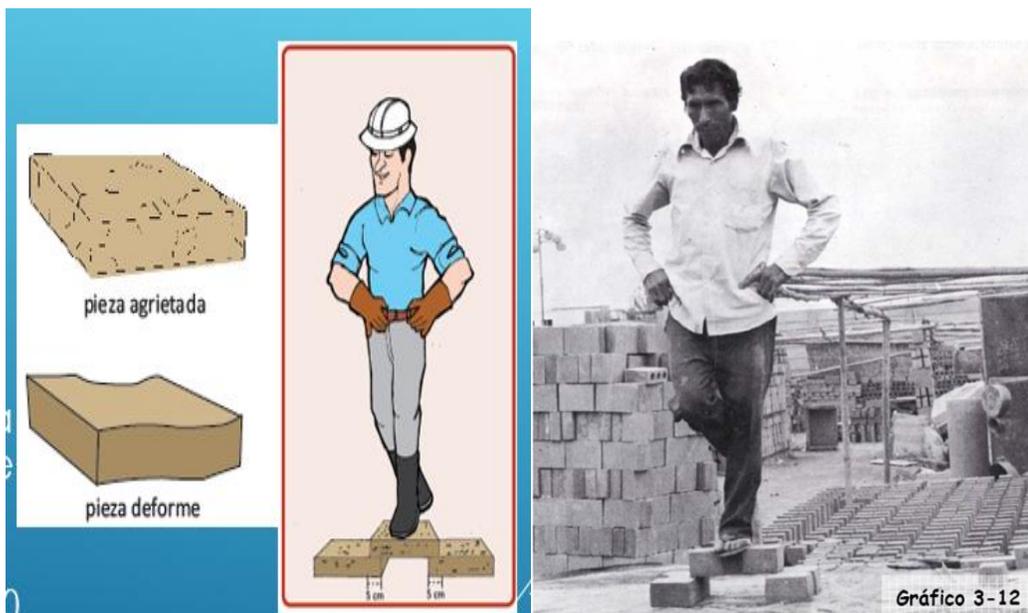
6.18. Prueba de resistencia del adobe

Los adobes no deberán tener grietas, ni estar deformados.

Un buen adobe apoyado sobre otros dos, debe resistir el peso de una persona por lo menos durante un minuto. Se debe hacer esta prueba por lo menos cada 50 adobes que se fabriquen. Ver (fig.24).



Figura 25. Prueba de resistencia al bloque en campo



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

VII. DISEÑO METODOLÓGICO/METODO

7.1. Tipo de estudio

La presente investigación o estudio se enmarcó en un diseño de investigación tipo descriptiva y experimental.

7.2. Universo y muestra

Universo: El universo está conformado por 3 bancos de materiales o puntos de referencia donde se pretende realizar el estudio, para las pruebas de resistencia y calidad del suelo en la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en el Municipio de San Rafael del sur Comunidad la Gallina en el periodo de agosto – diciembre 2016.

Muestra: La muestra quedó determinada en uno de los bancos de material llamado Banco.2. El trasmallo, que fue la muestra que representó mejor calidad del suelo en los primeros ensayos de granulometría para posteriormente realizar los siguientes ensayos.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



7.3. Área de estudio o localización

El proyecto donde se pretende realizar la construcción de viviendas mínimas uní familiares con el bloque de adobe suelo cemento en estudio, se encuentra ubicado en la comarca la Gallina del municipio de San Rafael del Sur del departamento de Managua. Fue fundada desde 1967 y se ubica en la zona noroeste de la cabecera municipal, con una extensión de 6 km²”. (HPHN, 2010, p.2).

7.4. Generalidades del municipio de San Rafael del Sur y comarca la gallina.

Tabla 7 Generalidades Geograficas

Ubicación	Coordenadas	Extensión territorial	Densidad poblacional
46 Km de Managua	11° 50' latitud norte y 86° 26' Longitud oeste.	357.3 kms ² .	100hab/km. ²

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

Límites

Al Norte: Municipios de Managua y Villa El Carmen o Carlos Fonseca.

Al Sur: Municipio de Diriamba (Dpto. de Carazo) y el Océano Pacífico.

Al Este: Municipio de San Marcos (Dpto. de Carazo).

Al Oeste: Océano Pacífico.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Las características geomorfológicas del municipio se definen por la Planicie Costera y la Cordillera Volcánica del Pacífico, a la vez en la sub-provincias Serranías del Pacífico y Cuesta de Diriamba.

El clima del municipio se caracteriza como Sabana Tropical cálido y seco, por encontrarse en una zona costera.

Servicios básicos del Municipio de San Rafael

Energía Eléctrica 60% de la población.

Telecomunicaciones: ENITEL y una estación de correos y telégrafos.

Agua potable y alcantarillado: Enacal.

Vivienda: San Rafael del Sur está formado por 8,258 viviendas

Estado físico de las viviendas en el área urbana

Estado	# de Viviendas	%
Viviendas en buen estado	532 47	
Viviendas en regular estado	339 30	
Viviendas en regular estado	262 23	
TOTAL	Σ 1133	100%

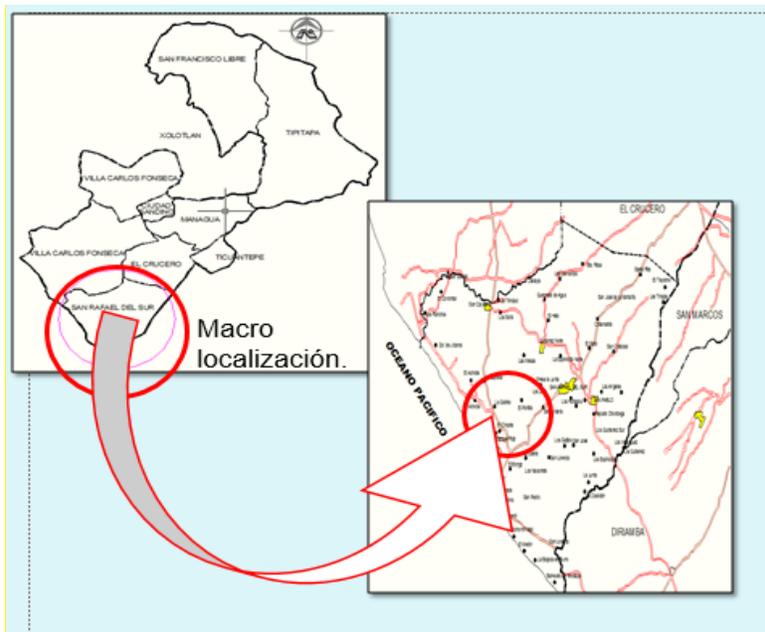
Estudio realizado por (HPHN - 2012)

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



7.5. Macro y micro localización de San Rafael del sur comunidad la gallina.

Figura 26. Macro y micro localización del municipio San Rafael del Sur comunidad La Gallina



Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

7.6. Condiciones de Vida de la comarca la gallina.

Flores, C. (2011) después de realizar una investigación indicó, que gran cantidad de la población son inmigrantes, procedentes de otros departamentos del país en busca de empleo en los periodos de zafra azucarera. Otra parte de la población es originaria de la comarca y cultivadores que vivían en las cercanías de los sitios actuales por orientación de la dirección de esta empresa.

Hábitat para la humanidad Nicaragua (2010) establece que la comarca en la actualidad cuenta con una población aproximada de 1,248 habitantes, predominando la población adulta mayores de 15 años. La comarca cuenta con 280 viviendas ocupadas, conformadas por igual número de hogares de los cuales 25(9%) tienen como jefe de hogar a mujeres y 255 (91%) a hombres. El 96% (269) de las viviendas tienen piso de tierra, el restante 4% (11) al menos tienen cascote con fino o solamente cascote con cemento.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Las paredes en su mayoría están construidas con tablas en el mejor de los casos y madera rolliza en mal estado, plástico, ripios de láminas de zinc y un porcentaje bajo con piedra cantera sin estructura de confinamiento. Los techos son de zinc en mal estado o ripios del mismo material.

En esta área rural se concentran la mayor cantidad de viviendas que se encuentran en mal estado y que requieren del reemplazo inmediato, además de ser las que concentran más población en situación de pobreza.

7.7. PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN O CONTROL DE CALIDAD EN LABORATORIOS.

7.7.1. Procedimiento métodos y equipos

Para realizar un Proceso de elaboración adecuado de suelo cemento se debe realizar en un laboratorio todas las pruebas y estudios necesarios para clasificar el suelo, determinar porcentaje de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico y resistencia a la compresión.

En el Proceso de Investigación se realizó una visita al sitio seleccionado, ubicado a un 1 Km de la comunidad “La Gallina”, con la finalidad de obtener muestras representativas de suelo, a través de sondeos manuales, para su posterior traslado al laboratorio de materiales y suelo de la UNAN MANAGUA, donde se efectuaron los ensayos propuestos. Ver **(Img.VII.1. En anexo)**.

Se obtuvieron tres muestras en el campo. En el laboratorio de materiales y suelos, se procedió inicialmente a realizar los ensayos básicos; granulometría y límites de consistencia para su clasificación y análisis a las tres muestras, Dado que las tres muestras ensayadas presentaban características similares, se tomó la decisión de obtener una sola muestra, mediante la combinación de partes iguales de cada muestra, ya que presentaban las mismas características granulométricas.



7.8. Determinación del porcentaje de humedad

Se efectuaron dos tipos de humedades la humedad in-situ y la humedad alterada.

7.8.1. Humedad in-situ

Esta humedad es la que el suelo posee en su estado natural es decir sin ninguna alteración, a como está en el campo o lugar donde se encuentra el suelo. Para determinar esta humedad en el laboratorio es necesario que a la hora de extraer el suelo traerlo en una bolsa plástica que así no le permita que su humedad natural pueda escaparse o variar en el trayecto del viaje o por la intemperie. Ver **(Img.VII.2. En anexo)**.

7.8.2. Humedad alterada

Esta muestra es la que se toma arbitrariamente es decir si la cantidad de material a utilizar para dicha obra o proyecto es de gran magnitud este material puede ser llevado por diferentes métodos; camiones, volquetes etc, y va perdiendo su humedad natural el transcurso de este proceso por dicha razón es que diferente a la humedad in-situ.

7.9. Procedimiento para determinar el porcentaje de humedad de la muestra alterada.

Se toma una muestra representativa de 200 0 300 gramos, se homogeniza el material por medio del cuarteo manual; esto con el objetivo de reducir material y haya una buena homogenización. Ver **(Img.VII.1. En anexo)**.

Se toma el peso del recipiente o tara donde se va a echar el material

Se pesa el material y se introduce en el horno por un periodo de 24 horas con una temperatura de 105⁰ c. ver **(Img.VII.2. En anexo)**.

Se extrae el material del horno después del periodo establecido y se procede a realizar los cálculos para determinar su humedad.



7.9.1. Equipos utilizados

Tara

Horno

Balanza digital

Bolsa plástica

suelo

% de humedad para granulometría

Datos de la muestra alterada

Código de la tara. D

Masa de la tara= 70.57gr

Masa del material húmedo + tara = 483.58gr

Masa secada al horno después del transcurso de 24 horas

Peso del material + tara= 404.61

Conociendo los datos primeros de la muestra alterada se procede de igual manera a realizar el mismo procedimiento para obtener los datos de la muestra In-situ.

Datos de la muestra in-situ

Código de la tara = H

Peso de la tara= 71.60gr

Peso del material + tara= 403.44gr

Masa secada al horno después del transcurso de 24 horas

Peso del material + tara= 335.16

Una vez obtenidos los datos de ambas muestras alterada e in-situ se procede a calcular el %H. Donde se aplica la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad del suelo en estado natural o in-situ y del suelo alterado. Para corregir-



la masa alterada y así asumir el porcentaje de humedad que esta ha perdido en todo el transcurso del traslado.

Cálculos efectuados

Fórmula

$$\%H = \frac{MH - MS}{MS} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

✘ Cálculo de %H para muestra alterada

Entonces

$$MH = (MH + tara) - tara$$

$$MH = (483.58 - 70.57) = 413.01$$

$$Ms = (Ms + tara) - tara$$

$$Ms = (404.61 + 70.57) = 334.04$$

$$\%H = \frac{413.01 - 334.04}{334.04} * 100 = 23.64\%$$

✘ Cálculo de %H para muestra in-situ

$$MH = (MH + tara) - tara$$

$$MH = (403.44 - 71.70) = 331.74$$

$$Ms = (Ms + tara) - tara$$

$$Ms = (263.46 + 71.70) = 334.04$$



$$\%H = \frac{331.74 - 263.46}{263.46} * 100 = 25.96\%$$

Después se prosigue a tomar una muestra representativa de 2,000gr a 3,000gr para ser lavados y realizar su granulometría. Ver **(Img.VII.2. En anexo)**.

Una vez determinado el porcentaje de humedad se corrige para obtener la masa seca. De la cantidad de material que se tomó para granulometría, lo cual se tomaron 2809.78gr que es el peso del material húmedo y se corrige para obtener la masa seca de este material con la humedad calculada.

7.9.2. Corrigiendo para obtener la masa seca o masa corregida.

$$1) B = \frac{A}{1 + \left(\frac{G}{100}\right)}$$

Donde

B = Masa inicial seca o masa corregida con él % de humedad encontrado para granulometría.

A= Masa inicial húmeda

G= % de humedad

Entonces

$$1) B = \frac{2809.78}{1 + \left(23 \cdot \frac{64}{100}\right)} = 2272.55$$

$$2) D = B - C$$

Donde

D = Masa de pérdidas por lavado

B = Masa corregida

C = Masa de muestra lavada y seca del total de la sumatoria de la granulometría.



Entonces

$$2) D = 2272 - 580.58 = 1691.97$$

$$3) F = D + E$$

Donde

F = Sumatoria del material fino lavado + el fino retenido en el tamiz que se utiliza de fondo.

E = fino retenido en el tamiz que se utiliza como fondo

D = masa de pérdidas por lavado

Entonces

$$3) F = 1691.97 + 13.65 = 1705.62$$

Tabla.8. Proceso para el cálculo de granulometría del suelo

Tabla 8. Tabla para el cálculo de granulometría

M. Inicial Húmeda; g	2809.78	M. inicial seca; g	2272.55
CALCULO E HUMEDAD		Cálculos de perdida por lavado	
ID. de recipiente	D	M. de la muestra lavada y seca; g	580.58
Masa Húmeda; g	413.01	M. de perdida por lavado; g	1691.97
Masa Seca; g	334.04	M. cribada menor a 75- μ m; g	13.65
Humedad; %	23.64	M. total menor a 75- μ m; g	1705.6

Una vez determinada la granulometría del material se procede a determinar sus límites de consistencia líquido y plástico. Como así también su clasificación por el método SUCS Y HRB. Ver (tabla.3).

7.10. Determinación de los límites de consistencia líquido y plástico. Ver, (Img.VII.4. En anexo).

7.10.1. Equipos

1. Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.



2. Tamiz No. 30
3. Balanza con sensibilidad de 0.01g
4. Horno con temperatura constante de 100 a 110°C.
5. Tara con sus tapas.

7.10.2. Procedimiento

Solo ensayos de consistencia se hacen solamente con la fracción de suelo que pasa por el tamiz No.40.

1. Se pone a secar parcial mente el suelo al solo por un periodo de 6 horas o en el horno por 2 horas.
2. Después de secada la muestra del suelo, se criba atreves del tamiz No.40 desechándose el que queda retenido
3. Antes de utilizar la copa de Casagrande, debe ser ajustada calibrada, para que la copa tenga una altura de caída de 1cm exactamente.
4. Del material que pasó el tamiz N40. Se toman aproximadamente unos 100 gramos se colocan en una capsula de porcelana y con una capsula se hacen una mezcla pastosa, homogénea y la consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
5. Pero de esta mezcla se coloca con la espátula en una copa de Casagrande formando una torta alisado de un espesor de 1cm, en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.
6. El suelo colocado en la copa de Casagrande se divide en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador, de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la capa.
7. Después de asegurarse de que la copa y la base están limpias y secas, seda vuelta a la manija del aparato de Casagrande, uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1cm. si la ranura se cierra antes de los 10 golpes, se saca el material se vuelve a mezclar y se repiten los pasos 4,5 y 6.



8. Después que el suelo sea unido en la parte inferior de la ranura, se toman aproximadamente unos 10 gramos del suelo; se anota su peso húmedo, el número de golpes obtenidos y se determina el peso seco.
9. Repita los pasos 2, 4, 5,6 y 7; con el propósito de obtener puntos menores de 25 golpes y mayores de 25 golpes.
10. Determine el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes y se construye la curva de fluidez en papel semi-logarítmico.
11. El límite líquido se define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponde a 25 golpes.

7.11. Determinación del límite plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porciento, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3cm. de diámetro, al rodarlo con la mano en una superficie lisa y absorbente.

7.11.1. Equipo

1. Vidrio esmerilado o papel absorbente.
2. Taras
3. Balanza con sensibilidad de 0.01g
4. Horno con temperatura constante de 100 a 110°C.

7.11.2. Procedimiento

1. Se toma aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en limite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cerca a la humedad optima, amáselo con la mano ruédelo sobre una superficie limpia y lisa, como una hoja de papel o un vidrio hasta formar un cilindro de 3mm, de diámetro de 15 a 20cm de largo.
2. Se amasa la tira y se vuelve a rodar, repitiendo la operación tantas veces como se necesite para reducir, gradualmente la humedad por evaporación hasta que el cilindro se empieza a endurecer.
3. El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3mm de diámetro.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



4. Inmediatamente se divide en proporciones y se ponen los pedazos en dos taras.
5. Se pesan en la balanza de 0.01g y se registra su peso.
6. Se introduce la muestra en el horno por un periodo de aproximadamente 24 horas y se determina su peso seca.
7. Con los datos anteriores se calcula el contenido de agua en porcentaje. Si la diferencia de los dos % no es mayor que 2% se promedian y en caso contrario se repite el ensaye.
8. El promedio es el valor en porcentaje del límite plástico.

7.11.3. Formula para determinar el indice de plasticidad

$$LL - LP = IP$$

Donde

IP = Índice de plasticidad

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Entonces

$$IP = 45 - 30 = 15$$

7.11.4. Formula para calcular el índice de grupo

$$IG = 0.2a + 0.005(a * c) + 0.01(b * d)$$

7.11.5. Condiciones para el IG

$$A = \%Qp \#200 - 35$$

$$\text{Si } \%Qp \#200 \leq 35\%; a = 0$$

$$\text{Si } \%Qp \#200 \geq 75\%; a = 40$$

Entonces para a, se tiene que su valor es 40; ya que cumple la tercer condición el %Qp la #200 es 75.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



$$B = \%Qp \#200 - 15$$

$$Si \%Qp \#200 \leq 15\%; b = 0$$

$$Si \%Qp \#200 \geq 55\%; b = 40$$

Para B también se tiene que su valor es 40, ya que cumple de igual manera con la condición

Entonces al no cumplir con la tercer condición el $\%Qp$ la $\#200 \geq a 75$.

$$C = LL - 40$$

$$Si LL \leq 40; c = 0$$

$$Si LL \geq 60; c = 20$$

La segunda y tercer condición para calcular c, se toma la primer fórmula esto se puede hacer en cualquiera de las tres condiciones A,B Y C.

$$C = 45 - 40 = 5$$

$$D = Ip - 10$$

$$Si Ip \leq 10; d = 0$$

$$Si Ip \geq 30; d = 20$$

Al no cumplir con la segunda y tercer condición; de igual manera que C, se calcula D.

$$D = 15 - 10 = 5$$

Una vez determinados los dastos de A,B, C y D. Se procede a calcular el IG.

Entonces

$$IG = 0.2(40) + 0.005(40 * 5) + 0.01(40 * 5) = 11$$

$$IG = 11$$



Una vez determinado el índice de grupo se puede clasificar el suelo ya sea por el método SUCS o HRB.

7.12. Nomenclatura para clasificación de suelos

En el primer grupo, se hallan las gravas, arena suelos gravosos o arenosos, con pequeña cantidad de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden en líneas generales, a los clasificados como A-1, A-2 y A-3, por la AASTHO, y son asignados en la siguiente forma: Gravados, o suelos gravados: GW, GC, GP y GM.

Arenas, o suelos arenosos: SW, SC, SP y SM.

En el segundo grupo se hallan los materiales finos, limosos o arcillosos, de baja compresibilidad, y son designados en la siguiente forma:

Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL y OL

Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH

Primera y/o segunda letra		Segunda letra	
Símbolo	Definición	Letra	Definición
G	grava	P	pobrementemente graduado (tamaño de partícula uniforme)
S	arena	W	bien graduado (tamaños de partícula diversos)
M	limo	H	alta plasticidad
C	arcilla	L	baja plasticidad
O	orgánico		

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



7.13. Obtenidos una vez estos resultados se procede a determinar el tipo de suelo por el metodo SUCS y HRB. Ver (tabla.11).

Tabla 9. Clasificación de suelos por el método. HRB

CLASIFICACION GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35 %							SUELOS ARCILLOSO - LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35 %			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
CLASIFICACION POR GRUPOS	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5 A - 7 - 6
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Min 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido (ω_L) (%)	-	-	-	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41
Índice de Plasticidad I_p (%)	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11
Índice de Grupo IG	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosas		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno						Regular a pobre				

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 - 5 es igual o menor que Límite Líquido menos 30. ($I_p \leq (\omega_L - 30)$).

$$I_p = \omega_L - \omega_p \quad \omega_p = \text{Límite Plástico}$$

El índice plástico del Sub - Grupo A - 7 - 6 es mayor que Límite Líquido menos 30. ($I_p > (\omega_L - 30)$).

El índice de Grupo debe ser indicado entre paréntesis después del símbolo del grupo (ej.: A-2-6 (3) y debe ser un número entero, si da menor que cero el IG es igual a cero. El IG no tiene límite pero se lo suele acotar a un valor máximo de 20.

$$IG = (F - 35) (0,2 + 0,005 (\omega_L - 40)) + 0,01 (F - 15) (I_p - 10)$$

$$F = \% \text{ que pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)}$$

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción

Por el método HRB que se muestra en la (Tabla.11). Se clasifica el suelo; para esto se requiere conocer los datos de granulometría, índice de grupo, índice de plasticidad. Y así se pudo determinar que es un suelo A – 7 – 6; por que es con la única columna que cumple. Las condiciones para su respectiva clasificación.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



A como se observa en la columna donde cumple el suelo están dos tipos de suelo A -7 5 y A -7 6 para esto se tiene que determinar uno de los dos. Donde se procede a calcular las condiciones que dice la **(Tabla. 11)**. Para estos casos.

Entonces

$A - 7 - 5; I_p \leq (LL - 30) = 45 \leq (45 - 30) = 15 \leq 15$; Cumple

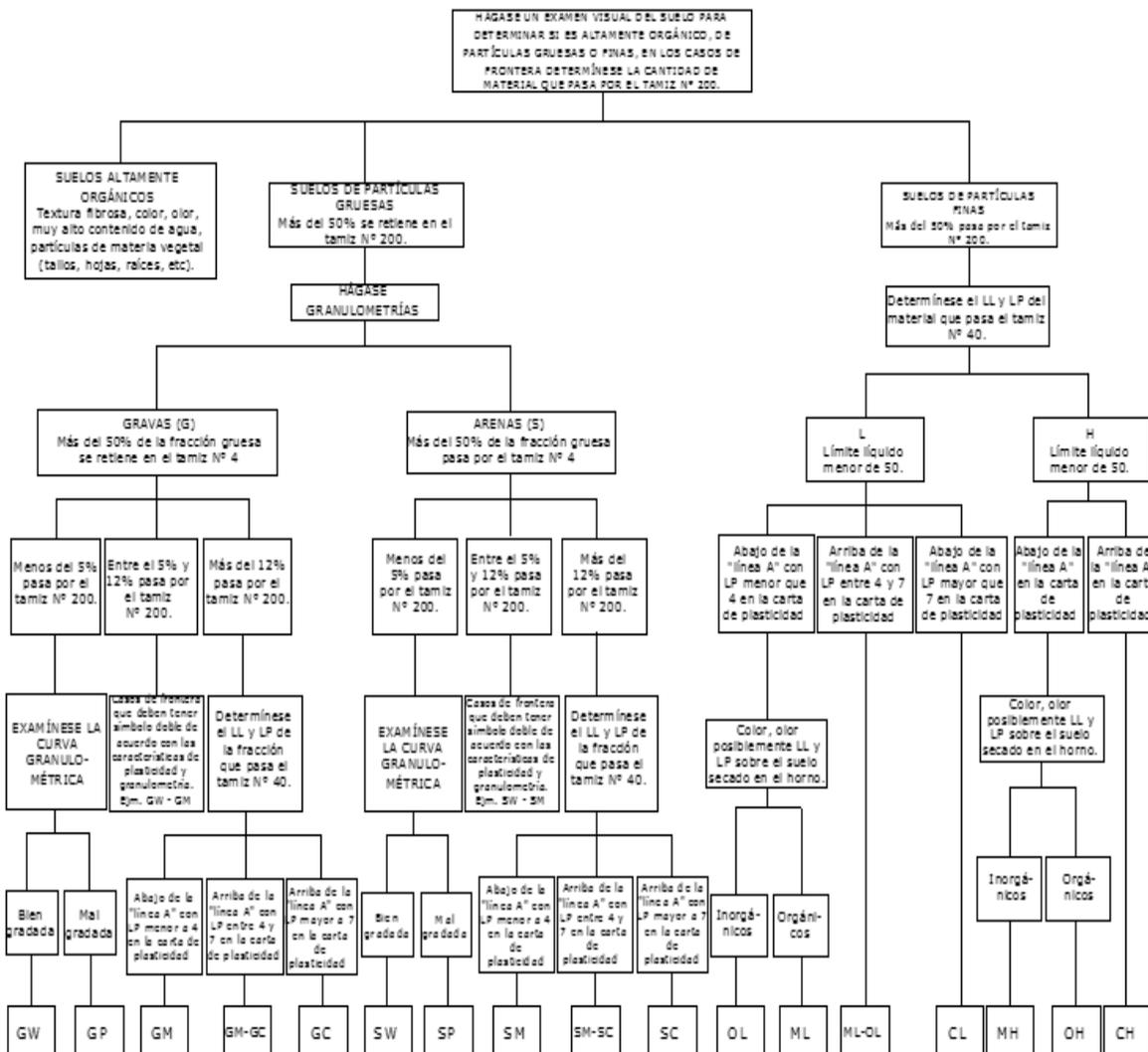
$A - 7 - 6; I_p > (LL - 30) = 45 > (45 - 30) = 15 > 15$; No cumple

Una vez analizados los dos tipos de suelos por el método HRB se determinó que es un A - 7 - 5, que representa ser un suelo arcilloso o suelo limoso, regular para ser utilizado en la fabricación de adobe suelo cemento. Y así también con este resultado se puede tomar la dosificación de cemento a utilizar para elaborar adobe suelo cemento a como se muestra en, **tabla. 10**. Procedimiento de Cemento recomendado según Clasificación HRB.

De igual manera se analizó por el método SUCS, donde el resultado obtenido es un suelo de tipo SC, que se identifica como un suelo arenoso con arcilla inorgánica que es lo que muestra la nomenclatura de clasificación de suelos.



Tabla 11. Clasificación de suelos por el método. SUCS



Fuente: Sanchez Sabogañ Fernando, Pavimentos, Tomo I, Pág 127.

Fuente. Tomado de: Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción.

7.14. Prueba de compactación de suelos proctor estándar.

Esta prueba se realiza para determinar el porcentaje de humedad óptimo y densidad máxima del material para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento con una dosificación especificada. Ver, (Img.VII.6 y VII.7 en anexo).



7.14.1. Equipo

1. Juego de tamices #4, #10, #40 y #200.para granulometría.
2. Se toman 2 humedades del material cribado por la malla $\frac{3}{4}$ y la #4.
3. Un molde de compactación, constituido por un cilindro metálico de 4” de diámetro interior de $4 \frac{1}{2}$ de altura y una extensión de $2 \frac{1}{2}$ “de altura y de 4” de diámetro interior.
4. Equipo para realizar proctor estándar.
5. Una regla metálica con aristas cortante de 25 cm de largo
6. Una balanza de 3kg de capacidad y 0.01g de sensibilidad
7. Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 a 110°C.
8. Probetas graduadas de 1000ml
9. Tara para determinar la humedad.

7.14.2. Procedimiento

Se obtiene por cuarteo una muestra representativa, previamente secada al sol y que según el método a usarse pueda ser de 3,7, 5 y 12kg. Utilizando el tamiz $\frac{3}{4}$ y el # 4. Del material cribado por estos, se dividen en dos el material retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ es grueso y el que retiene el # 4 es el material fino. De ambas muestras finas y gruesas se toma una cantidad representativa y son sometidas al horno para determinar su humedad.

1. De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor del 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
2. Se revuelve completamente el material tratando que el agua agregada se distribuya uniformemente.
3. La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en 3 capas, llenándose en cada capa aproximadamente $\frac{1}{3}$ de su altura y se compacta cada capa de la forma siguiente: se coloca el cilindro en el equipo, se ajustan los tornillos que lo sujetan luego en la pantalla del equipo se digita la cantidad



de golpes que se le dará y la altura de caída. El aparato se encargara de dar los golpes y distribuirlos.

4. Al terminar la compactación de las tres capas, se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
5. Se limpia exteriormente el cilindro y se saca todo el material compactado, luego se pesa obteniéndose de esa manera el peso del material. De esto se toma aproximadamente 100 gramos de la parte central del núcleo) se deposita en una tara y se pesa.
6. Deposite el material en el horno a una temperatura de 100 a 110°C por un periodo de 24 horas, transcurrido este periodo determínese el peso seco del material.
7. El material secado del cilindro se desmenuza y se le agrega agua hasta obtener un contenido de humedad de 4 al 8% mayor al anterior.
8. Repita los pasos del 2 al 7 hasta obtener un numero de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.

7.14.3. Memoria de cálculos

Cálculos para determinación del proctor estándar

Datos

Peso de la tara = 2568gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Peso del molde =4,689gr

Diámetro y altura del molde para calcular su volumen

Diámetro = 10.2cm

Altura = 11.6cm



Fórmula para calcular el volumen del molde

$$V = \pi \cdot (D)^2 / 4 \cdot A$$

DONDE

V= Volumen

D= Diámetro

A= Altura

Entonces

$$V = \pi \cdot \frac{10.2}{4} \cdot 11.6 = 911.06 \text{cm}^3$$

Peso del molde = 4688gr

Peso del material + molde = 8835gr

(Peso del material + molde) – (tara)

Entonces

$$(8835\text{gr}) - (2568\text{gr}) = 6267\text{gr}$$

Determinación de humedad para el material que se va a utilizar en el ensaye y realizar la ponderación de humedad

Datos

Peso de la tara = 69.42

Masa húmeda = 200.95gr

Masa seca = 179.20

Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} \cdot 100$$



Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{200.95 - 179.20}{179.20} * 100 = 12.14\%$$

Una vez determinada las humedades se procede a realizar el proctor estándar. Este procedimiento consiste en determinar la cantidad de agua que contiene el material a ensayar; ya que para el ensaye proctor es necesario que el material este seco.

Datos

Masa seca para el ensaye = 3300gr

% de humedad = 12.14

Fórmula para la ponderación de humedad

$$Ms(1 + \frac{\%H}{100})$$

Donde

Ms = Masa seca

%H = porcentaje de humedad

Proceso para determinar la cantidad de material asumiendo su humedad

$$3300(1 + \frac{12.14}{100}) = 3700.62gr$$

Masa total húmeda = 37000.62gr



Proceso para determinar la cantidad de material seco sin humedad

Formula

$$Mh(1 + \frac{\%H}{100})$$

Entonces

$$3700.62(1 + \frac{12.14}{100}) = 3300gr$$

Determinando la cantidad de agua en el material

Fórmula

$$Ms - Mh = Ww$$

Donde

Ms = masa seca

Mh = masa húmeda

Ww = peso del agua

Entonces

$$3300 - 3700.62 = 400.62gr$$

Determinados estos cálculos se procede a determinar la dosificación de cemento cal y agua que se le agregará al material con las dosificaciones que establece la norma en, **(tabla. 1 % de cemento recomendado de acuerdo a la clasificación HRB; y norma para determinar la densidad máxima y % de humedad optimo).**

Cálculos para la dosificación de cemento, agua y cal.

Este proceso para el cálculo de la dosificación de cemento y cal se hace de acuerdo a la proporcionalidad del peso del material en este caso el peso del material es la masa seca que se determinó en los cálculos anteriores.



La norma en **(tabla 1)**. Establece que para un suelo A-7 se debe agregar de un 13% a un 12% de cemento como mínimo proporcional al peso del material a utilizar en el ensaye.

Fórmula para determinar la cantidad de cemento

$$Ms * \%C$$

Donde

Ms = masa seca

%C = porcentaje de cemento en peso

Entonces

$$3300 * 0.12 = 396\text{gr}$$

Fórmula para determinar la cantidad de cal

$$Ms * \%Cal$$

Donde

Ms = masa seca

%Cal = porcentaje de cal en peso

Entonces

$$3300 * 0.025 = 82.5\text{gr}$$

Determinados los pesos de cada uno de los agregados que se utilizaran para combinar con el suelo se procede a realizar la sumatoria total de cal, cemento y suelo.

Fórmula

Masa húmeda + cemento + cal

Entonces

$$3700.62\text{gr} + 396\text{gr} + 82.5\text{gr} = 4179.12\text{gr}$$

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Ahora se procede a determinar la cantidad de agua para realizar el ensaye proctor tomando en cuenta las dosificaciones que establece la norma en un 6%, 2%, 2%, y sucesivamente, hasta determinar la densidad máxima y humedad óptima.

Formula

$$(cal + cemento + material) * \frac{\%w}{100}$$

Entonces

$$4179.12) * \left(\frac{8}{100} \right) = 334.33gr$$

Determinada la cantidad de agua para el primer punto se homogeniza con la cal, cemento, suelo y procede a realizar el proctor.

Punto # 1

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda - molde = 6283gr

Masa húmeda – molde = 1595gr

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor

Código = H

Peso de la tara = 69.41gr

Masa húmeda + tara = 217.33gr

Masa húmeda – tara = 147.92gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 196. 50gr

Masa seca – tara = 127.09

Una vez determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Datos

Mh = 147.92gr

Ms = 127.09gr



Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{147.92 - 127.09}{127.09} * 100 = 16.4\%$$

Con los

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1751 (g)}{1 + \left(\frac{16.4}{100}\right)} = 1504$$

Ahora se procede a determinar la cantidad de agua, agregando un 2% más para el punto 2 del ensaye proctor.

Punto # 2

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda - molde = 6320gr

Masa húmeda – molde = 1632gr

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor.

Código = B

Peso de la tara = 70.33gr

Masa húmeda + tara = 269.58gr



Masa húmeda – tara = 199.25gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 238.2gr

Masa seca – tara = 167.87gr

Determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Datos

Mh = 199.25gr

Ms = 167.87gr

Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{199.25 - 167.87}{167.87} * 100 = 18.7\%$$

Con los datos calculados se procede determinar la densidad húmeda en kg/cm² y la densidad seca en kg/cm².

Fórmula para densidad húmeda en kg/cm³

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{volumen cm}^3} * (1000)$$

Entonces

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1632 (g)}{911.06 cm^3} * (1000) = 1791$$

Fórmula para densidad seca en kg/cm³

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



$$\text{Densidad seca en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{Densidad húmeda (g)}}{1 + \left(\frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)}$$

Entonces

$$\text{Densidad seca en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \frac{1791 \text{ (g)}}{1 + \left(\frac{18.7}{100}\right)} = 1509$$

Agregando un 2% más de agua para el punto 3 del ensaye proctor.

Punto # 3

Fórmula

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda + molde = 6357gr

Masa húmeda – molde = 1669gr

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor.

Código = f

Peso de la tara = 71.38gr

Masa húmeda + tara = 256.16gr

Masa húmeda – tara = 184.78gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 225.01gr

Masa seca – tara = 153.63gr

Determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Datos

Mh = 184.78gr

Ms = 153.63gr

Fórmula para calcular el % de humedad



$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{184.7 - 153.63}{153.63} * 100 = 20.3\%$$

Con los datos calculados se procede determinar la densidad húmeda en kg/cm² y la densidad seca en kg/cm².

Fórmula para densidad húmeda en kg/cm³

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{volumen cm}^3} * (1000)$$

Entonces

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1669 (g)}{911.06 cm^3} * (1000) = 1831$$

Fórmula para densidad seca en kg/cm³

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Densidad húmeda (g)}}{1 + \left(\frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)}$$

Entonces

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1832 (g)}{1 + \left(\frac{20.3}{100}\right)} = 1523$$

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Agregando un 2% más de agua para el punto 4 del ensaye proctor.

Punto # 4

Formula

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda + molde = 6400gr

Masa húmeda – molde = 1712gr

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor.

Código = J

Peso de la tara = 71.10gr

Masa húmeda + tara = 259.19gr

Masa húmeda – tara = 188.09gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 225.25gr

Masa seca – tara = 154.15gr

Determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Datos

Mh = 188.09gr

Ms = 154.15gr

Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material



MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{188.09 - 154.15}{154.15} * 100 = 22.0\%$$

Con los datos calculados se procede determinar la densidad húmeda en kg/cm² y la densidad seca en kg/cm².

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{volumen cm}^3} * (1000)$$

Entonces

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1712 (g)}{911.06 cm^3} * (1000) = 1879$$

Fórmula para densidad seca en kg/cm³

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Densidad húmeda (g)}}{1 + \left(\frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)}$$

Entonces

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1879 (g)}{1 + \left(\frac{22}{100}\right)} = 1540$$

Agregando un 2% más de agua para el punto 5 del ensaye proctor.

Punto # 5

Formula

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda + molde = 6443gr

Masa húmeda – molde = 1755gr

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor

Código = G

Peso de la tara = 70.68gr

Masa húmeda + tara = 240.09gr

Masa húmeda – tara = 169.41gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 207.25gr

Masa seca – tara = 136.57gr

Determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Datos

Mh = 169.41gr

Ms = 136.57gr

Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{169.41 - 136.57}{136.57} * 100 = 24.0\%$$

Con los datos calculados se procede determinar la densidad húmeda en kg/cm² y la densidad seca en kg/cm².

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{volumen cm}^3} * (1000)$$



Entonces

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1755(g)}{911.06cm^3} * (1000) = 1926$$

Fórmula para densidad seca en kg/cm³

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Densidad húmeda (g)}}{1 + \left(\frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)}$$

Entonces

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1926 (g)}{1 + \left(\frac{24}{100}\right)} = 1553$$

Agregando un 2% más de agua para el punto 6 del ensaye proctor.

Punto # 6

Formula

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda + molde = 6470gr

Masa húmeda – molde = 1782gr

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor

Código = M

Peso de la tara = 71.22gr

Masa húmeda + tara = 251.05gr

Masa húmeda – tara = 179.83gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 214.08gr

Masa seca – tara = 142.86gr

Determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.



Datos

$$Mh = 179.83\text{gr}$$

$$Ms = 142.86\text{gr}$$

Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{179.83 - 142.86}{142.86} * 100 = 25.9\%$$

Con los datos calculados se procede determinar la densidad húmeda en kg/cm^2 y la densidad seca en kg/cm^2 .

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{volumen cm}^3} * (1000)$$

Entonces

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \frac{1782 \text{ (g)}}{911.06 \text{ cm}^3} * (1000) = 1956$$

Fórmula para densidad seca en kg/cm^3

$$\text{Densidad seca en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{Densidad húmeda (g)}}{1 + \left(\frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)}$$

Entonces

$$\text{Densidad seca en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \frac{1956 \text{ (g)}}{1 + \left(\frac{25}{100}\right)} = 1554$$

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Agregando un 2% más de agua para el punto 7 del ensaye proctor.

Punto # 7

Formula

Datos

Peso del molde = 4688gr

Volumen del molde = 911.06cm³

Masa Húmeda + molde = 6484gr

Masa húmeda – molde = 1796gr

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación proctor.

Código = C

Peso de la tara = 70.56gr

Masa húmeda + tara = 251.70gr

Masa húmeda – tara = 181.14gr

Muestra después de secada en el horno

Masa seca + tara = 212.35gr

Masa seca – tara = 141.79gr

Determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Datos

Mh = 179.83gr

Ms = 142.86gr

Fórmula para calcular el % de humedad

$$\%H = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Donde

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material



MS= masa seca del material

Entonces

$$\%H = \frac{181.14 - 141.79}{141.79} * 100 = 27.9 \%$$

Con los datos calculados se procede determinar la densidad húmeda en kg/cm² y la densidad seca en kg/cm².

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{volumen cm}^3} * (1000)$$

Entonces

$$\text{Densidad húmeda en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1796 (g)}{911.06 cm^3} * (1000) = 1971$$

Fórmula para densidad seca en kg/cm³

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{\text{Densidad húmeda (g)}}{1 + \left(\frac{\% \text{ de humedad}}{100}\right)}$$

Entonces

$$\text{Densidad seca en } \frac{kg}{cm^3} = \frac{1971 (g)}{1 + \left(\frac{27.8}{100}\right)} = 1543$$



VIII. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 12. Resultados del estudio granulométrico del suelo en estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA							
UNAN- RURMA							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO							
CARRERA:		Tec. Superior en construcción			AÑO: IV		
GRUPO		TC3M			HORA: 2pm		
PRACTICA N° 3		ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS					
AASHTO T 27; 1999							
FECHA Y DÍA DE ENSAYO		22/10/2016		SONDEO:		MUESTRA:	
CLASIFICACIÓN SUCS:				CLASIFICACIÓN AASHTO			
MASA DE LA MUESTRA INICIAL HÚMEDA (g)		2809.78		M DE TARA		70.57	
MASA DE LA MUESTRA LAVADA (g)		580.58		MASA HÚMEDA + TARA		483.58	
AGREGADO LAVADO MENOR 0.075 mm.g		1692.0		MASA SECA + TARA		404.61	
AGREGADO TAMISADO MENOR 0.075 mm.g		13.65		% DE HÚMEDAD		23.64	
MASA T. DE AGREGADOS MENOR DE 0.075 mm.g		1705.6		MASA SECA INICIAL CORREGIDA		2272.53	
TAMIZ ESTANDAR	ABERTURA ESTANDAR (mm)	MASA RETENIDA (g)	MASA RETENIDA %	MASA RET. ACUM. %	MATERIAL QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍNIMAS	ESP. MÁXIMAS
3"	75.000	0	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100		
N° 4	4.750	8.65	0.38	0.38	100		
N° 10	2.000	50.63	2.23	2.61	97		
N° 40	0.425	140.17	6.17	8.78	91		
N° 200	0.075	367.48	16.17	24.95	75		
	Pana	13.65	75.05	100.00	0	OK	
		580.58		100.00			

PARAMETROS DE GRADUACIÓN	
Tamaño Máximo:	19.000
Evaluar Graduación	No Evaluar Graduación
D(10)	
D(30)	
D(60)	
Cu = D60/D10	
Cc = (D30) ² / D60 x D10	

580.58 100.00

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Tabla 13. Resultados de la determinación de límites de consistencia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA						
UNAN- RURMA						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO						
	CARRERA:	Tec . Superior en construccion			AÑO: IV	
	GRUPO	TC3M			HORA: 10:00AM	
	PRACTICA N° 2	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS				
	ASTM D 4318; 2000					
FECHA Y DÍA DE ENSAYO		SONDEO:		MUESTRA:		
CLASIFICACIÓN SUCS:		CLASIFICACIÓN AAHSTO:				
LÍMITE LÍQUIDO		MÉTODO DE PREPARACIÓN DE ESPECIMENES HÚMEDOS				
MÉTODO		A- LÍMITE LÍQUIDO CON PUNTOS MÚLTIPLES				
CANTIDAD DE PRUEBAS REQUERIDAS		1	2	3	4	
GOLPES REQUERIDOS PARA EL CIERRE		30-35	25-30	20-25	15-20	
IDENTIFICACIÓN DEL RECIPIENTE		L-21	L-18	L-27	L-24	
GOLPES EMPLEADOS PARA EL CIERRE		33.00	27.00	23.00	17.00	
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA +TARA (g)		34.19	30.93	30.08	33.48	
MASA DE LA MUESTRA SECA +TARA (g)		28.98	26.55	25.90	28.15	
MASA DE LA TARA (g)		17.01	16.74	16.74	16.74	
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)		11.97	9.81	9.16	11.41	
MASA DE AGUA (g)		5.21	4.38	4.18	5.33	
CONTENIDO DE HÚMEDAD (%)		43.53	44.65	45.63	46.71	
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO						
CONTENIDO DE HÚMEDAD CORREGIDA (g)						
LÍMITE PLÁSTICO		MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
CANTIDAD DE PRUEBAS		1	2	LÍMITE	MÉTODO	VALOR
MASA REQUERIDA g				LL	A	45
IDENTIFICACION DEL RECIPIENTE		L-19	L-29	LP	MANUAL	30
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA +TARA		19.26	20.5	IP	ASTM D 4318	15
MASA DE LA MUESTRA SECA +TARA		18.6	19.66	NOTA: SI NO SE PUEDE DETERMINAR LL Ó LP Ó SI EL LP ES MAYOR O IGUAL QUE LL REPORTE EL SUELO COMO NP (NO PLASTIC). SE REQUIERE QUE LA DIFERENCIA ENTRE VALORES DE LL Ó LP SEA MENOS QUE 1%		
MASA DE LA TARA		16.4	16.84			
MASA DE LA MUESTRA SECA		2.2	2.82			
MASA DEL AGUA		0.66	0.84			
CONTENIDO DE HUMEDAD		30.00	29.79			

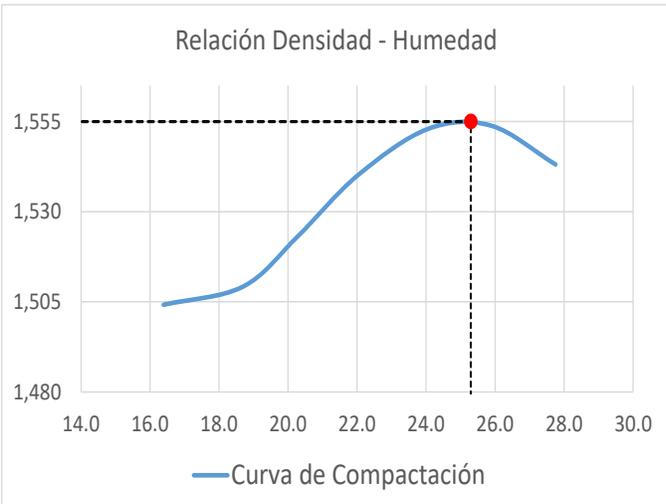
“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Tabla 14. Resultados del estudio de proctor estándar

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA						
	UNAN- RURMA						
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELO						
	CARRERA:	TECNICO S. EN CONSTRUCCION			AÑO:	IV	
ENSAYO:	RELACION DENSIDAD-HUMEDAD ESTANDAR				PROCTOR		
Fracción	Masa Humedad (g)	Masa Seca (g)	Humedad (%)	Muestra Seca (g)	Muestra Humeda (g)		
Pasa Malla ¼"	200.95	179.2	12.14	3300	3700.53		
Masa Del Molde (g):	4688		Humedad Optima:	25.3			
Volumen Del Molde (cm³):	911.06		Densidad seca Maxima (Kg/m³):	1,555			
Masa Seca (g)	Cemento (12 %):	Cal (2.5 %)					
3300.00	396.0	82.5					
COMPACTACION DE ESPECIMENES	1	2	3	4	5	6	7
Masa H. + Molde (g)	6283	6320	6357	6400	6443	6470	6484
Masa Humeda (g)	1595	1632	1669	1712	1755	1782	1,796
Densidad Humeda (Kg/m³)	1751	1791	1832	1879	1926	1956	1971
Densidad Seca (Kg/m³)	1,504	1,509	1,523	1,540	1,553	1,554	1,543
Muestra Humeda (g)	147.92	199.25	184.78	188.09	169.41	179.84	181.14
Muestra Seca (g)	127.09	167.87	153.63	154.15	136.57	142.87	141.79
Humeda (%)	16.4	18.7	20.3	22.0	24.0	25.9	27.8

Relación Densidad - Humedad



— Curva de Compactación



Análisis y discusión de resultados obtenidos en los ensayos

1) Granulometría

De los resultados obtenidos en la granulometría del suelo a como se observa en tabla, 12. Resultados del estudio granulométrico, la distribución del tamaño de las partículas es cuantitativa, es decir la cantidad de arena como limos esta en diferentes rangos o porcentajes a como se muestra en la tabla, pero que es lo que se requiere o rige el manual para fabricación o elaboración de adobe suelo cemento.

2) Límites de consistencia

De igual manera se observan los resultados de límites de consistencia en tabla, 13 .Con ellos se pudo determinar el tipo de suelo lo cual se identifica un suelo adecuado como se observa en el proceso de cálculos para límites de consistencia un suelo de tipo ML, por el método SUCS y un suelo de grupo A – 7 – 5 por el método HRB, que se asimilan al comparar o definir su significado o nomenclatura.

3) Proctor estándar

En la tabla 14. Donde se reflejan todos los resultados de proctor estándar se puede observar que el material ensayado para alcanzar su densidad seca máxima se tuvieron que realizar 6 ensayos proctor, para encontrar su humedad óptima, lo cual se pudo determinar en el ensaye numero 6 con un porcentaje de humedad de 25.3. Alcanzando una densidad seca máxima de 1555kg/cm³. Con este este resultado se procedió a elaborar el bloque y realización de prueba de fallamiento y los resultados obtenidos fueron excelentes por que sobre paso lo esperado con unas resistencia a la compresión de 85.3kg/cm² después de que se aplico dicha prueba.



8.1. Elaboración del bloque de adobe suelo cemento con el estudio realizado y normas establecidas en el reglamento de la construcción.

Una vez determinados todas los ensayos de control de calidad en los laboratorio; obtenidos los resultados esperados se procede a la fabricación o elaboración del bloque de adobe suelo cemento. Y determinar su resistencia a la compresión en diferentes etapas. Ver resultados en, **(Tabla.13)**.

8.1.1. Materiales utilizados en la elaboración del bloque de adobe suelo cemento.

8.1.2. Proceso de estudio al suelo

- 1) 3 muestras de tierra
- 2) Balanza digital
- 3) Taras
- 4) Horno
- 5) Tamiz $\frac{3}{4}$ y no. 4
- 6) Probetas
- 7) Pisón
- 8) bolsas
- 9) Agua

8.1.3. Materiales utilizados para elaborar de adobe suelo cemento

- 10) Molde de madera de 10cm*20cm*40cm
- 11) Tubo de pbc de 2pulg
- 12) 10lb de cemento
- 13) 45 lb de tierra
- 14) 1 litro de agua
- 15) Pisón, Maquina cortadora, cinta y máquina de compresión.



8.2. Fabricación del adobe suelo cemento.

El suelo que se utilizó se tamizó en la maya No. 4 ya que requiere que el suelo sea fino para separar las partículas gruesas y cualquier tipo de materia orgánica que haya en el material. Se utilizó un molde de 10cm x 20cm x 40; una porción adecuada de cemento y agua todo esto con su respectiva dosificación tomando en cuenta el contenido de humedad que había en el suelo. Ver, **(Img.VII.9 y VII.10 En anexo.)**.

Una vez elaborado el bloque de adobe suelo cemento y curado en las etapas mencionadas en los periodos de 14, 21 y 28 días; se realizó la resistencia a la compresión. Ver, **(Img.VII.11. En anexo)**. su mayor resistencia la alcanzó en la última etapa a los 28 días con un resultado de 85.8kg/cm² que su equivalencia en PSI equivale a 1217.80lb/pul²; para determinar estos parámetros se efectuaron los siguientes cálculos.

8.3. Prueba de la resistencia a la compresión

Proyecto: “pruebas al bloque suelo cemento para la construcción de viviendas mínimas en la comunidad la gallina”.

“Reflejamos los resultados obtenidos de análisis de resistencia a la compresión de tres unidades de bloques de suelo cemento”.

Tabla 15.Resultados de análisis de resistencia a la compresión de los bloques de adobe suelo cemento

Muestra	Unidad	Longitud (in)	Ancho (in)	Alto (in)	Área (in ²)	Área neta (in ²)	Área hueca (in ²)	Fecha de fabricación	Fecha de ruptura	Edad en días	Carga de ruptura (lb)	Carga unitaria bruta.		Carga unitaria neta.	
												Lb/in ²	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg/c m ²
I	1	15.8	7.9	10	124	115.2	2.4	22/9/2016	8/10/2016	14	79630	642.4	45.3	691.2	48.7
II	2	15.8	7.9	10	124	115.2	2.4	8/10/2016	15/10/2016	21	109140	880.5	62	949	66.9
III	2	15.8	7.9	10	124	115.2	2.4	15/10/2016	22/10/2016	28	140000	1129.5	79.6	1217.4	85.8



Laboratorio de Materiales y Suelos.

Resultados de ensayos de laboratorio

Tabla 16. Resultados de análisis de los ensayos en los laboratorios

Muestra N°	Porcentaje que pasa el tamiz				Limite liquido (%)	Índice plasticidad (%)	Por ciento Arena Limo		Peso unitario suelto (kg/m ³)	Peso Unitario compacta Kg/m ³	Densidad seca Máxima (kg/m ³)	Humedad optima	Clasificación SUCS
	N°4	N° 10	N°40	N°200									
1	100	95	68	51	38.0	7.4	49	51	1186	1310			ML
2	100	93	66	51	37.9	9.9	49	51	1174	1316	1440	30.0	ML
3	100	95	71	53	39.0	9.5	47	53	1176	1308			ML
4	100	98	67	52	38.4	7.6	48	52	1184	1306			ML
						PROMEDIO	48.25	51.7 5	1186	1310			ML

A continuación se muestra el proceso y cálculos para determinar estos parámetros.

3.3. Cálculos de kg/cm² a PSI. Para los ensayos de compresión #1, #2 y #3 efectuados a los 14, 21 y 28 días de fabricado el adobe.

Datos del primer ensaye a la compresión a los 14 días

$$1kg = 2.2lb$$

$$1pulg = 2.54cm$$

$$1pulg^2 = 6.4516cm^2$$

Entonces

$$48.7 * 2.2 * 6.4516 = 691.2224PSI$$

$$48.7kg/cm^2 = 691.2224PSI$$

Ahora de PSI a kg/cm²

$$691.2224 \div 2.2 \div 6.4516 = 48.7kg/cm^2$$

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Datos del segundo ensayo a la compresión a los 21 días después de fabricado.

$$1kg = 2.2lb$$

$$1pulg = 2.54cm$$

$$1pulg^2 = 6.4516cm$$

Entonces

$$66.9 * 2.2 * 6.4516 = 949.5446PSI$$

$$66.9kg/cm^2 = 949.5446PSI$$

Ahora de PSI a kg/cm²

$$949.5446 \div 2.2 \div 6.4516 = 69.9kg/cm^2$$

$$949.5446PSI = 69.9kg/cm^2$$

Datos del tercer ensayo a la compresión a los 28 días después de fabricado.

$$1kg = 2.2lb$$

$$1pulg = 2.54cm$$

$$1pulg^2 = 6.4516cm$$

Entonces

$$85.8 * 2.2 * 6.4516 = 1217.8040PSI$$

$$85.8kg/cm^2 = 1217.8040PSI$$

Ahora de PSI a kg/cm²

$$1217.8040 \div 2.2 \div 6.4516 = 85.8kg/cm^2$$



IX. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos expuestos anteriormente, es posible sintetizar las siguientes conclusiones.

Una vez que se realizó todo el proceso de estudio y fabricación del adobe suelo cemento con las especificaciones técnicas antes mencionadas, se determinó que todos los resultados obtenidos son satisfactorios ya que cumplen con las especificaciones para estudio, diseño y elaboración de adobe para la construcción de viviendas mínimas en el municipio de san Rafael del sur comunidad la gallina a como se muestra en el desarrollo del trabajo estos resultados.

Se pudo realizar todo el proceso de experimentación y control de calidad en los laboratorios determinando primero el tipo de suelo permisible por el método HRB un suelo A – 7 – 5 y por el método SUCS un suelo ML, que es un suelo limo arcilloso de baja plasticidad, como así también su densidad o proctor, su plasticidad y a como se logra ver en el trabajo de cada una de estas pruebas realizadas los resultados obtenidos son satisfactorios.

Con las dosificaciones empleadas de estabilizantes; cemento y agua que se agregó ala mezcla pudo adquirir un fraguado y solidificación adecuada, a los 28 días alcanzando su máxima resistencia a la compresión de 1217 PSI o 85 kg/cm²; sobrepasando la resistencia a la compresión mínima del bloque de adobe suelo cemento de 200 PSI o 50 kg/cm² que es lo que emplea la normativa para fabricación o elaboración de adobe suelo cemento, con los resultados obtenidos nos permite determinar que el material es apto para ser aplicado a la construcción. De estas viviendas.



X. RECOMENDACIONES

- A las instituciones públicas o privadas correspondientes, encargadas o relacionadas con la formulación de proyectos de tipo social, se les insta a implementar estos tipos de proyectos.
- En las construcciones de viviendas con el sistema constructivo de ladrillos de adobe suelo cemento, se debe contar con mano de obra y supervisión calificada para obtener los resultados deseados en dicho proyecto.
- Hacer buen uso y manejo de los elementos y materiales que forman parte del sistema constructivo tales como; ladrillos de adobe, suelo cemento y otros.
- Al implementar el sistema constructivo de Adobe mejorado, es recomendable construir en verano, porque en invierno las lluvias representan atraso en la obra física y es más difícil trabajar con tierra mojada, ya que el material tiene que tener una humedad óptima para alcanzar una resistencia mínima de 200 psi.
- El ladrillo de adobe mejorado es idóneo para implementarse en nuestro país, tomando en consideración la viabilidad económica de este.
- Es Recomendable aplicar la prueba de las probetas para obtener un mejor control de calidad para la fabricación de los bloques de adobe suelo cemento.
- Por falta de recursos económicos y disponibilidad de la maquina Cinva – Ram no se comprimió el bloque, pero recomendamos que es lo mas adecuado para obtener mejor calidad y resistencia en los bloques.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



- El sistema constructivo de Adobe mejorado es más rentable para proyectos de interés social.
- Se debe elegir, para localizar la vivienda un terreno seco firme y plano, de preferencia ligeramente elevado con respecto al terreno adyacente.
- Debe evitarse la proximidad de pantanos, ríos o mar las zonas de relleno o antiguos basureros, las zonas bajas y los terrenos con mucha pendiente.
- Hay que proteger de la erosión las primeras hiladas del adobe, haciendo una sobre fundación de concreto pobre del ancho de la pared o haciendo una sobre fundación de mampostería de piedra con cemento.
- Proteger las paredes ya construidas disponiendo de buenos aleros en el techo, facilitando el escurrimiento de agua lluvia hacia el exterior, de igual manera dar mantenimiento a las paredes con repellos en cuanto al deterioro del mortero que la cubre ocasionado por las ráfagas de lluvias para evitar fisuras o desintegración del mampuesto.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



XI. BIBLIOGRAFÍA

Imhoff, F.A.Revista de la Construcción vol.9 no.2 Santiago dic. 2010.

Mamlouk Michael S, Zaniewski John P. (2009). Materiales para Ingeniería Civil. Segunda edición. Pearson Prentice Hall. España.

Ruelas G y Meza J (s.f). Construcción con tecnología apropiada. Perú. Recuperado de:http://www.paho.org/cub/index.php?option=com_docman&view=download&alias=297-suelo-cemento&category_slug=rural-andina&Itemid=226.

Avitia Rodolfo. “Suelo-Cemento”. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. A.C.1991.

Varios. “La Tierra .Material de Construcción”. Instituto Torroja.España.1987.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



BIBLIOGRAFÍA DE AUTORES CITADOS

Blanco, M y Matuz y Feilden Bernard (2010). Manual para el manejo de los sitios culturales del patrimonio mundial. México: ICOMOS.

Flores C.. “Estudio de densidad población comunidad la gallina”. Hábitad para la Humanidad Nicaragua (2011).

Olarte y Guzman, Daniel, y otros (1993). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Revista APUNTES, 20 (2): 286-303

Toirac corral, José. El suelo-cemento como material de construcción Ciencia y Sociedad, vol. XXXIII, núm. 4, octubre-diciembre, 2008, Instituto Tecnológico de Santo Domingo; Santo Domingo, República Dominicana.

Villavicencio, Carlos Alberto (2011). En busca de la protección del patrimonio construido en adobe. Estudio de caso del centro histórico de Colombia, siglos XIX – XX. Corporación Universitaria del Meta,: Editorial Guadalupe

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



IMÁGENES PRUEBAS DE CONTROL DE CAIDAD EN LABORATORIOS.

Extracción y Homogenización del material por metodo del cuarteo.

A.1



A.1



A.1



A.1



Ilustración 1. Recopilación del material y homogenización por cuarteo

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



% de Humedad in-situ y alterada para granulometría

B.1



B.2



B.3



B.4



Ilustración2. Determinación de la humedad in-situ y alterada

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Proceso para determinación de la Granulometría del suelo

C.1



C.2



C.3



C.4



Ilustración 1. Lavado del material por el tamiz #200

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Proceso para determinación Granulométrica del suelo

C.5



C.6



Ilustración 2. Granulometría del suelo después de ser lavado y secado en el horno

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Preparación del material para determinar Límites de consistencia

D.1



D.2



D.3



D.4



Ilustración 3. Proceso para determinación de Límites: Líquido y plástico

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Determinación de límite líquido y límite plástico del material en ensaye

D.5



D.6



D.7



Ilustración 4. determinación de límite líquido y limite plástico

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Preparación del material para el ensaye proctor estándar

E.1



E.2



E.3



E.4



Ilustración 5. Cribado del material, homogenización con estabilizantes para ensaye proctor

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Preparación del material para el ensaye proctor estándar

E.5



E.6



E.7



E.8



Ilustración 6. Homogenizado y compactación del material en el ensaye proctor

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Determinación del peso del material y humedad después de ser compactado

E.9

E.10



Ilustración 7. Determinación del peso del material y humedad; compactado en sus tres capas

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



PROCESO DE ELABORACIÓN DEL BLOQUE DE ADOBE SUELO CEMENTO.

F.1



F.2



F.3



F.4

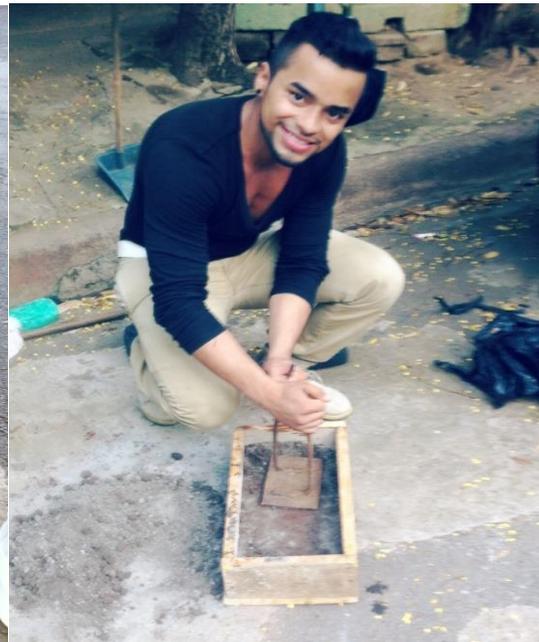


Ilustración 8. Homogenizado colocación y compactación del adobe

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Proceso de curado y extracción del bloque del molde

F.5

F.6



F.7

F.8



Ilustración 9. Extracción del bloque del molde y curado

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Prueba de Resistencia a la compresión en la máquina universal

G.1



G.2



G.3



G.4

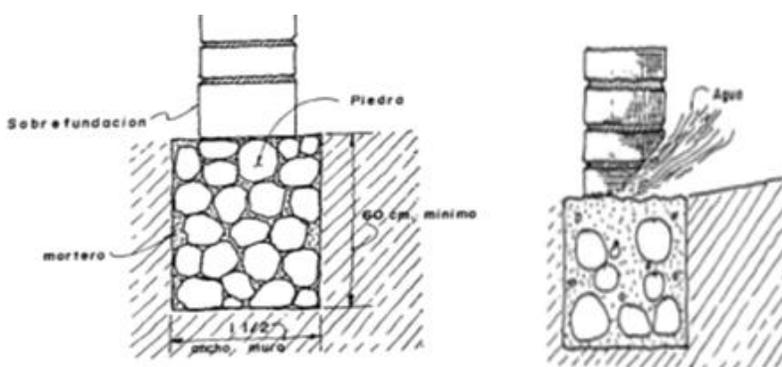
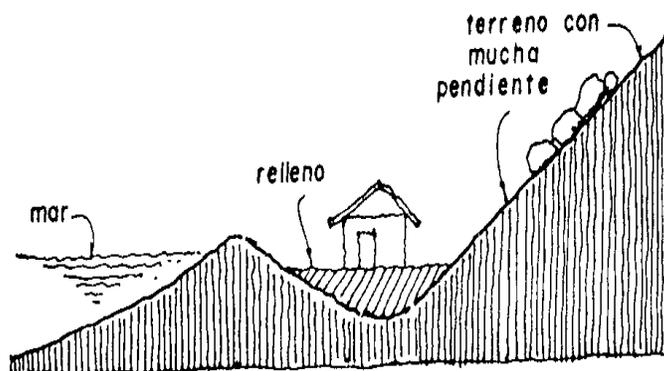


Ilustración 10. Máquina cortando el adobe y la máquina universal de compresión

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



DETALLES Y RECOMENDACIONES QUE SE DEBEN DE TOMAR EN CUENTA AL CONSTRUIR CON ADOBE SUELO CEMENTO



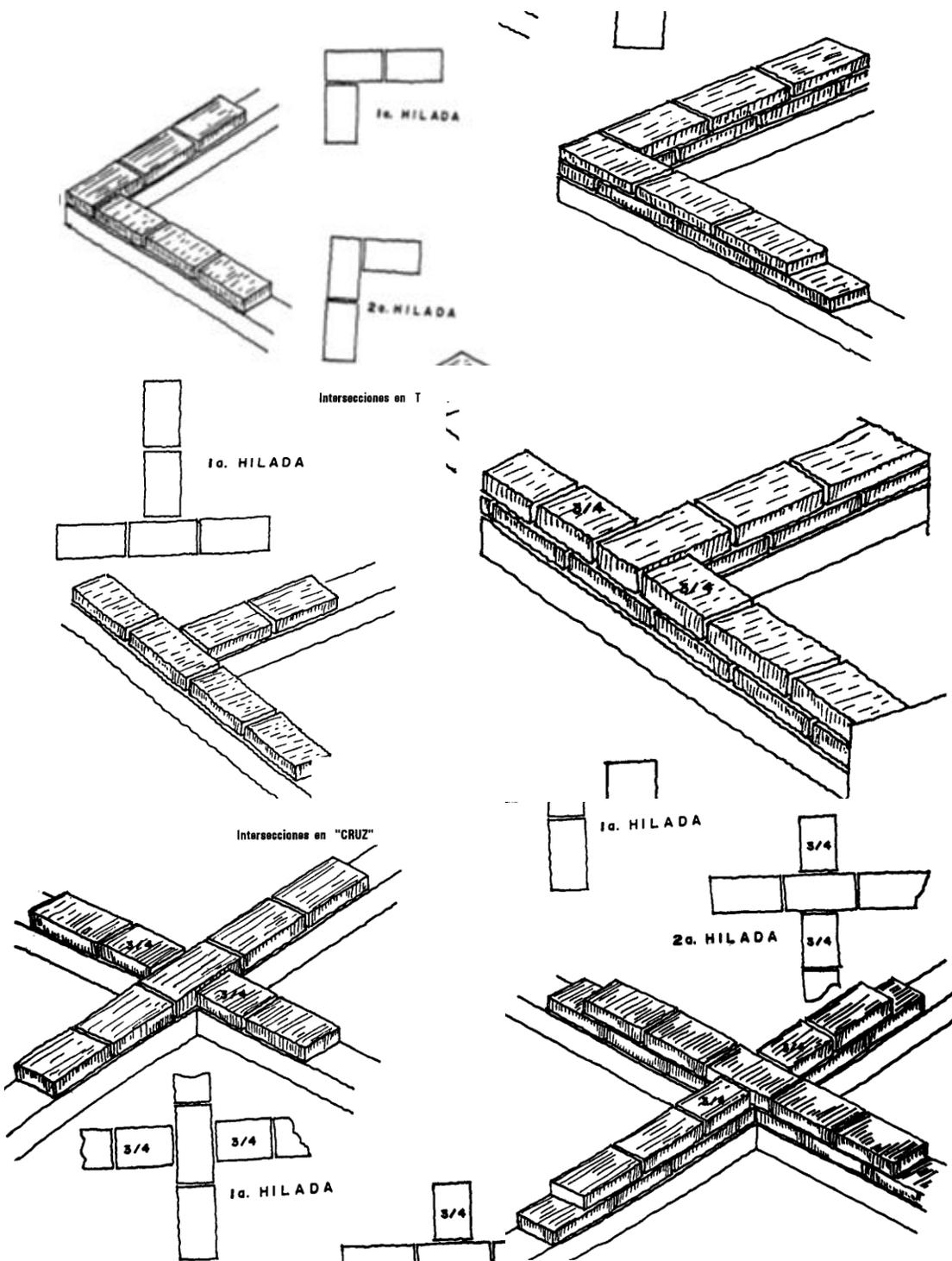
Fuente tomada de: M. Corazao Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas

Lugares adecuados y no adecuados para la construcción de una edificación con bloques de adobe suelo cemento y detalles de sus cimentaciones.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Detalles de uniones y entramados de las unidades de bloques de adobe en esquinas

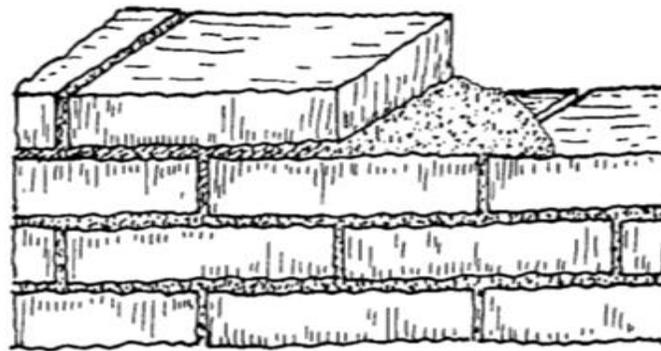
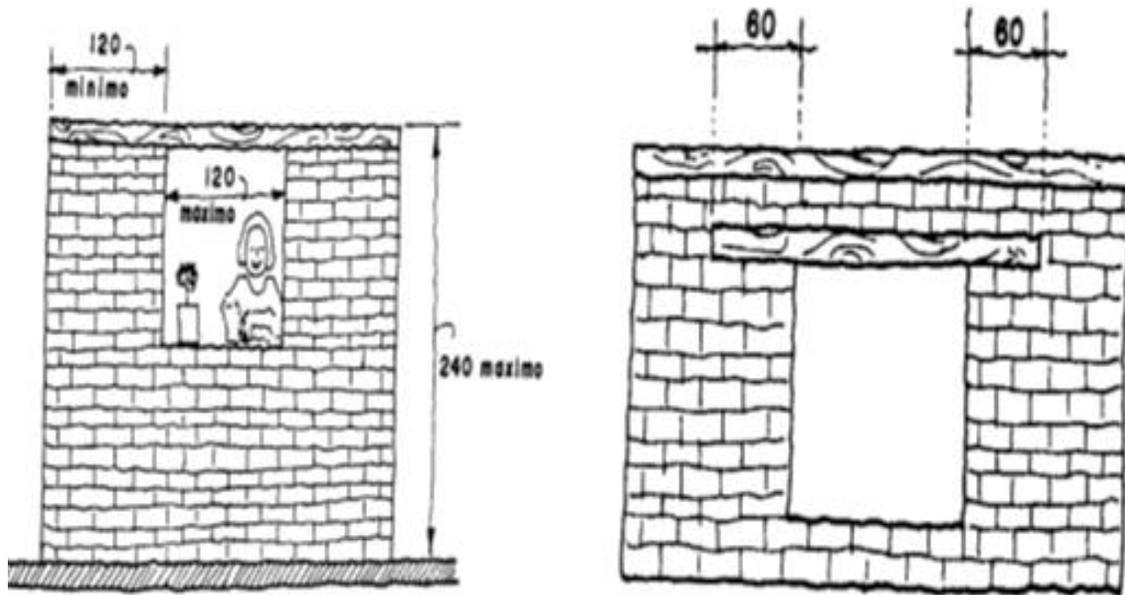


Fuente tomada de: M. Corazao “Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a solicitaciones sísmicas”.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Detalles de dinteles y colocación de los mampuestos en la pared de una vivienda construida con bloques de adobe

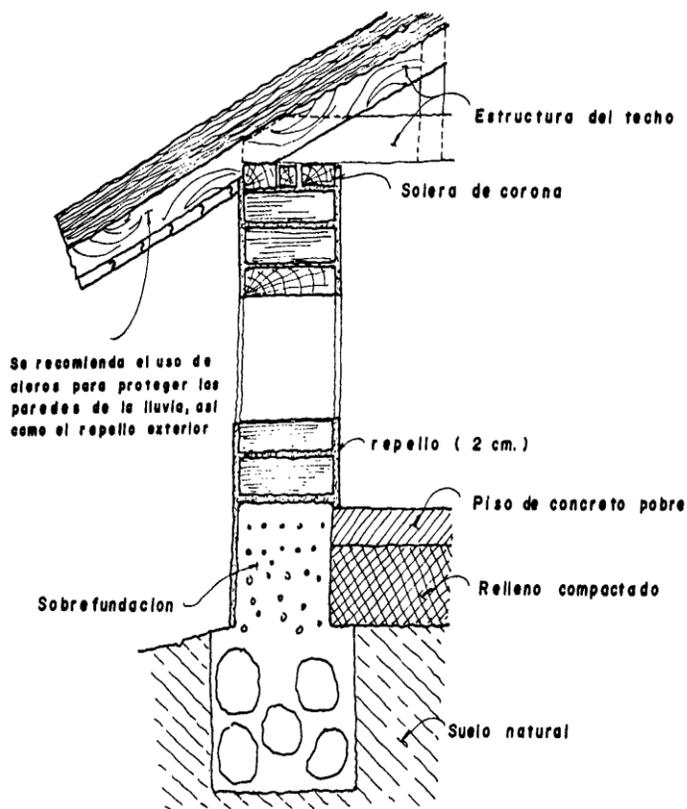
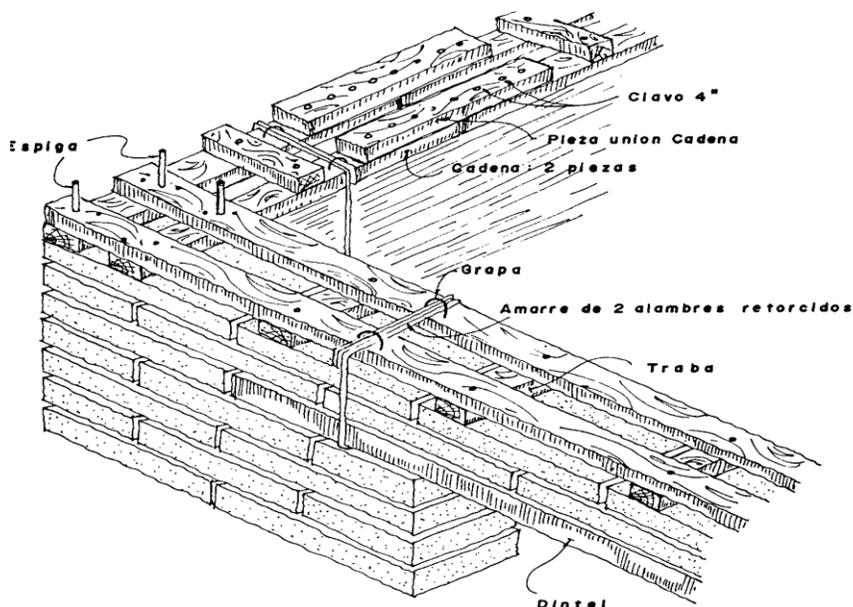


Fuente tomada de: M. Corazao “Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a solicitaciones sísmicas”.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



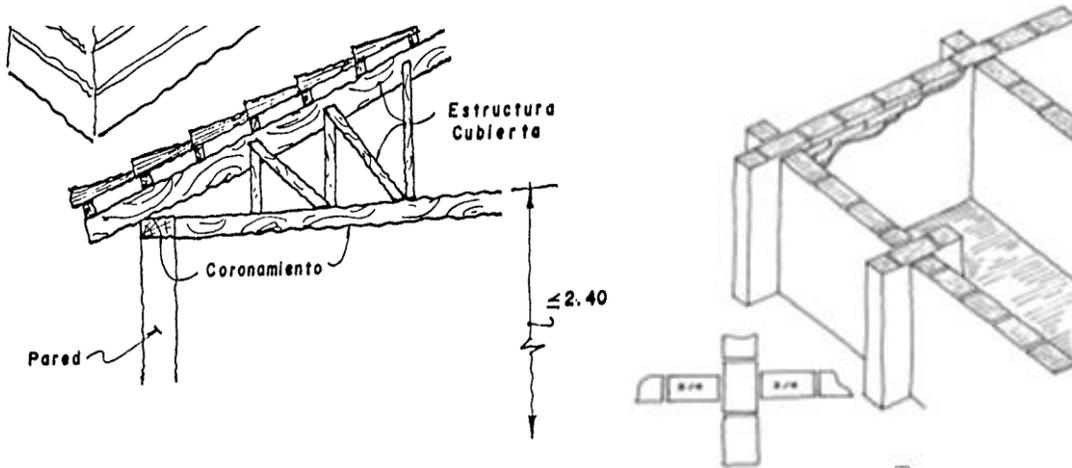
Detalles de amarres de dinteles con la viga corona y refuerzos



Fuente tomada de: M. Corzaao “Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a solicitaciones sísmicas”.



Detalles de estructura de techo y funcionamiento del adobe reforzado y contrafuertes en una pared

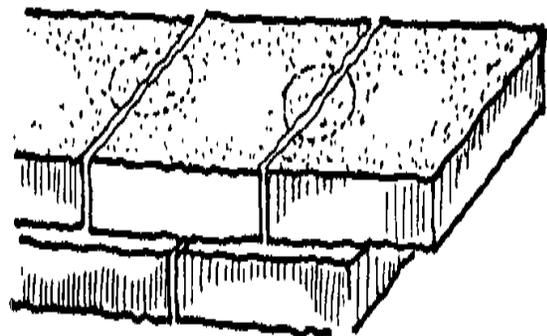
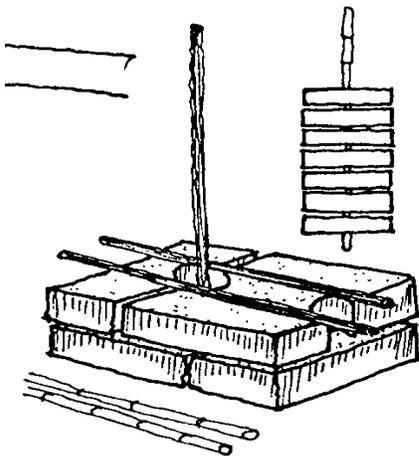


6.16 ADOBE REFORZADO (Adobe parasismico)

Se utilizarán dos tipos de adobe con muescas semicirculares en la mitad de dos lados opuestos, y medios bloques con una muesca, con el objeto de introducir los refuerzos verticales y el mortero.

Las dimensiones pueden variar, sin embargo se recomienda utilizar moldes según las siguientes medidas en centímetros:

ADOBE ENTERO	MEDIO ADOBE
28 X 28 X 8	28 X 13 X 8
23 X 23 X 10.5	23 X 10.5 X 10.5
40 X 40 X 10	40 X 20 X 10

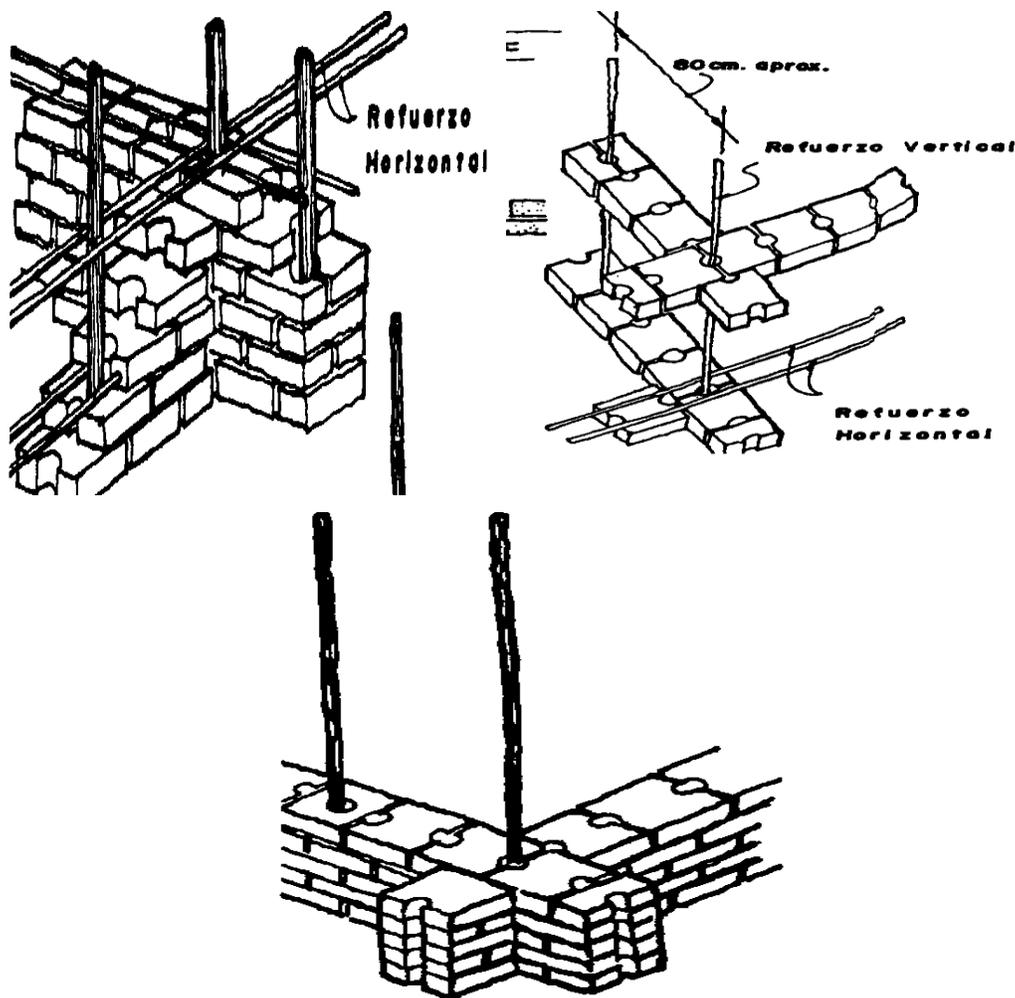


Fuente tomada de: M. Corazao “Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas”.

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Detalles de refuerzos verticales y horizontales para dar mayor seguridad a la estructura

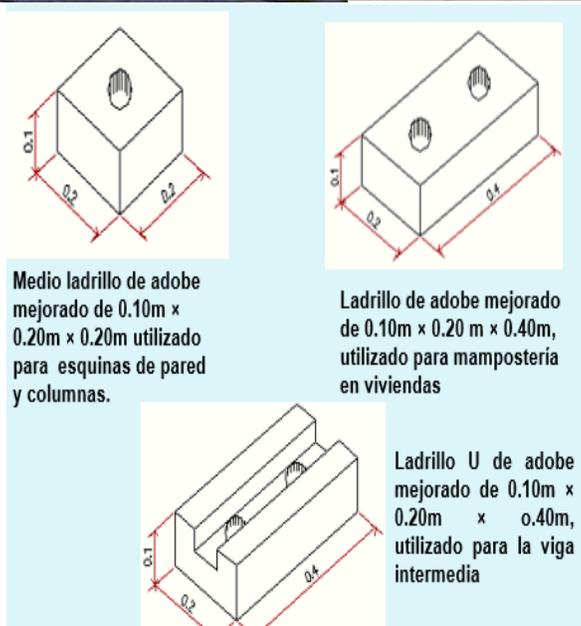


Fuente tomada de: M. Corazao "Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas".

“pruebas de resistencia y calidad para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el municipio de san rafael del sur comunidad la gallina (de agosto – Noviembre 2016)”.



Maquina Cinva – Ram, muro de adobe y detalles de diferentes formas del bloque de adobe suelo cemento



Fuente tomada de: M. Corzaao “Estudio experimental de comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas”.