



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

**PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE PISO DE BAJO COSTO A
BASE DE TIERRA PARA UNA VIVIENDA RURAL**

Mario Guilfredo Argueta Martínez

Asesorado por el Dr. Edgar Virgilio Ayala Zapata

Guatemala, febrero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE PISO DE BAJO COSTO A
BASE DE TIERRA PARA UNA VIVIENDA RURAL**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO GUILFREDO ARGUETA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II: Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III: Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V: Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR: Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR: Ing. José Eduardo Ramírez Saravia
SECRETARIO: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE PISO DE BAJO COSTO A BASE DE TIERRA PARA UNA VIVIENDA RURAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 28 de octubre de 2004.

Mario Guilfredo Argueta Martínez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que hicieron posible este trabajo, que con esfuerzo se ha logrado concluir, en especial a quienes que tuvieron confianza en mí para que a lo largo de este tiempo fuera posible la realización de este trabajo de graduación.

En especial agradezco a mi asesor Dr. Edgar Virgilio Ayala, por haberme guiado en el desarrollo de este trabajo, al ingeniero Mario Corzo, por darme la oportunidad de realizar mis prácticas laborales bajo su excelente supervisión, al los ingenieros Javier Quiñónez y Pablo De León por el gran apoyo que me brindaron en el Centro de Investigaciones de La Facultad de Ingeniería. A todos sinceramente muchas gracias.

DEDICATORIA

Dios

Mis padres

Rolando Gonzalo y Angélica Cruz

Mis hermanos

Leslie y Jorge

Mi esposa

Sindi Lisbeth

Mi hija

Nathaly Daniela

A todos mis familiares

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

A mis amigos y compañeros

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Pisos y características que deben cumplir	1
1.2 Normas sobre pisos	3
1.2.1 Normas para ensayos de flexión	5
1.2.2 Normas para ensayos de impacto	9
1.2.3 Normas para ensayos de absorción	12
1.3 Pisos para la vivienda económica	15
1.4 Pisos de tierra apisonada	17
1.4.1 Procedimiento para la elaboración de piso de tierra apisonada	18
1.5 Piso de suelo cemento	19
1.5.1 Procedimiento para construir piso de suelo cemento	20
1.5.2 Procedimiento de campo para verificar la calidad de la tierra para fabricar piso	21
1.5.3 Condiciones de humedad de la mezcla	23
1.6 Piso de suelo cal	23
1.7 Piso de mortero a base de tierra	24

1.8	Piso de piedra bola con una capa de suelo cal	25
2.	NECESIDADES Y REALIDAD ACTUAL DE LA VIVIENDA RURAL	27
2.1	Déficit habitacional	27
2.1.1	Población y vivienda	28
2.2	Construcción de vivienda informal	32
2.3	Pisos y sus problemáticas	34
3.	MARCO EXPERIMENTAL	37
3.1	Piso de tierra apisonada	37
3.1.1	Piso de suelo cemento	38
3.1.1.1	Características físicas y mecánicas de la muestra de piso de suelo cemento	40
3.1.1.2	Procedimiento para la elaboración de piso de suelo cemento	42
3.1.2	Piso de suelo cal	44
3.1.2.1	Características físicas y mecánicas de la muestra de piso de suelo cal	46
3.1.2.2	Procedimiento para la elaboración de piso de suelo cal	46
3.1.3	Piso a base de tierra	48
3.1.3.1	Características físicas y mecánicas de la muestra de piso a base de tierra	49

3.1.3.2	Procedimiento para la elaboración de piso a base de tierra	50
4.	ENSAYOS DE LABORATORIO	53
4.1	Ensayo de granulometría y compactación del suelo utilizado	54
4.2	Ensayo de flexión sobre muestra de piso	57
4.3	Ensayo de impacto sobre muestra de piso	60
4.4	Ensayo de absorción en espécimen de piso	63
5.	PROPUESTA DE PISO PARA UNA VIVIENDA RURAL	67
5.1	Construcción de un sistema monolítico en una vivienda	68
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
7.	COMPARACIÓN DE COSTOS DEL SISTEMA CONSTRUIDO CON EL PISO MÁS ECONÓMICO EN EL MERCADO	77
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	84
	APÉNDICE	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Máquina para ensayo de flexión	6
2	Aparato medidor de impacto	10
3	Construcción de pisos de tierra	19
4	Prueba para determinar la cantidad de arena	22
5	Construcción de piso de piedra bola con una capa de suelo cal	26
6	Compactación de la capa final del piso	26
7	Compactación por capas	43
8	Apisonador metálico	44
9	Construcción de piso de suelo cal	46
10	Arrastres de madera, usados como formaleta para fabricar piso a base de tierra	51
11	Capas de material para elaborar piso a base de tierra	51
12	Aplicación de carga concentrada al centro de la luz de una probeta de piso	58
13	Probeta al momento de la falla producida por flexión	59
14	Aparato para realizar ensayo de impacto sobre baldosa de piso	61
15	Probeta al momento de la falla producida por impacto	62
16	Proceso de pesar el espécimen en estado seco, listo para ser sumergido en agua	64
17	Proporciones volumétricas de la propuesta de piso	67
18	Forma correcta de fabricar la mezcla	69
19	Mezcla homogénea lista para ser colocada	69
20	Proceso de resanar la capa de base	70

21	Apisonador de mayores dimensiones, utilizado para agilizar el proceso de fabricación	71
22	Textura rústica del sistema monolítico	72
23	Textura del piso sin acabado final	72
24	Textura del piso con la aplicación de una capa de pastina como acabado final	73
25	Densidad seca-humedad relativa de la mezcla ideal	86
26	Densidad seca-humedad relativa del suelo procedente de Villa Nueva	87
27	Densidad seca-humedad relativa del suelo procedente de Jutiapa	88
28	Ensayo granulométrico del suelo procedente de Villa Nueva	89
29	Ensayo granulométrico del suelo procedente de Jutiapa	90

TABLAS

I	Especificaciones sobre ensayos de piso de cemento líquido, según norma F.H.A	15
II	Material predominante en el piso según departamento	16
III	Proporciones de materiales para fabricar piso de suelo cemento	22
IV	Clasificación de los departamento de Guatemala por regiones	29
V	Dimensiones de las muestras de piso de suelo cemento	39
VI	Resultado de los ensayos de laboratorio, a los 28 días de construcción de piso de suelo cemento	41
VII	Dimensiones de las muestras de piso de suelo cal	45
VIII	Resultado de los ensayos de laboratorio, a los 28 días de construcción de piso de suelo cal	47
IX	Dimensiones de las muestras de piso a base de tierra	49

X	Resultado de ensayos de laboratorio de los pisos a base de tierra	50
XI	Resultado del análisis granulométrico del suelo	55
XII	Resultado del ensayo de compactación proctor estándar	57
XIII	Cuadro comparativo de la mezcla ideal de suelo cal y las especificaciones sobre ensayos de piso de cemento líquido de la norma del F.H.A	76
XIV	Costo de materiales e instalación del piso de cemento líquido	78
XV	Costo de materiales e instalación del piso de suelo cal	79
XVI	Resultado de ensayos de absorción, impacto y flexión del piso a base de tierra	92
XVII	Resultado de ensayo de absorción, impacto y flexión del piso de suelo cemento y suelo cal	93

LISTA DE SÍMBOLOS

b	Base del piso
E	Energía cinética
g	Grosor del piso
H	Distancia vertical que la masa recorre al caer
L	Luz libre entre elementos
M	Momento flector
P	Carga puntual aplicada
Ph	Peso húmedo del piso
Ps	Peso seco del piso
P-T	Pié tablar
S	Módulo de ruptura
W	Peso de la masa

μ Prefijo micro, factor multiplicador 10^{-6}

\pm Tolerancia de una magnitud

GLOSARIO

Aglomerante	Producto que en presencia de agua une un material con otro mediante cambios físicos.
Aspersión	Método de rociar el piso con agua, después de ser colocado en su lugar, para que éste conserve condiciones adecuadas de humedad.
Baldosa	Son placas para revestimiento superior de pisos en interiores o exteriores, pueden ser de forma geométrica variable.
Basalto	Roca ígnea común, formada al emerger magma de los volcanes, enfriada y solidificada rápidamente dando como resultado la formación de rocas parecidas al vidrio.
Curado	Permanencia de un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en una determinada mezcla durante sus etapas primarias, de tal forma que se desarrollen propiedades deseadas como resistencia y durabilidad.
Estabilizador	Material cementante, usado para aumentar la cohesión entre las partículas de suelo, y así mejorar sus características.

Espécimen	Son piezas de pisos que tienen un largo aproximadamente igual al ancho y un espesor uniforme.
Falla	La falla de un piso se produce cuando éste deja de prestar características físicas y mecánicas bajo las cuales fue diseñado.
Flexión	Esfuerzo en un plano normal al eje geométrico del espécimen, en el cual una parte de este tiende a comprimirse y otra parte se alarga.
Inmersión	Método para conocer la humedad contenida en un espécimen, mediante la introducción total o parcial en agua.
Lechada	Aplicación de cemento con exceso de agua, utilizado como impermeabilizante, o como aditivo para aumentar la adherencia entre una capa nueva y una capa existente.
Mortero	Combinación de pasta (cal o cemento) con un agregado.
Moquetas	Material plástico fuerte, utilizado para alfombrar el piso de una habitación.
Monolíticos	Construcción al mismo tiempo de un elemento estructural de forma uniforme.

Pastina	Capa final de un piso, sometida al esfuerzo directo de impacto, desgaste y compresión que sufren los pisos durante su uso.
Probeta	Muestra de piso, construida con dimensiones específicas para realizar ensayos físico mecánicos.
Ratoneras	Espacios vacíos que se forman al momento de la fundición del piso, debido a la mala compactación del mortero.
Teselas	Cada una de las piezas cúbicas que forman los mosaicos.
Torta de cemento	Nombre que se le da al piso de una vivienda formado principalmente de concreto y construido de forma monolítica.
Trabajabilidad	Condición que ofrece una mezcla para poder manipularla.

RESUMEN

El trabajo presenta la propuesta de un sistema de piso de bajo costo, evaluando sus características físicas y mecánicas para poder hacer comparaciones con otros pisos ya conocidos. Se le da énfasis a la durabilidad y la economía, tratando de establecer una metodología simple de fabricación, de tal forma que el lector pueda tener una guía para fabricar piso a base de tierra con materiales locales.

El primer capítulo consiste en una descripción teórica referente al piso, características, normas sobre pisos y los tipos de pisos de bajo costo que se pueden fabricar en Guatemala. En el capítulo dos se citan las necesidades y realidad actual en las viviendas, con las cuales se justifica la importancia del piso. En el capítulo tres se experimenta con tres sistemas de piso de tierra apisonada.

En el capítulo cuatro se abordan las ideas básicas de los ensayos de laboratorio, para demostrar la resistencia de los sistemas de piso experimentados. En capítulo cinco se propone el sistema con mejores características. El capítulo seis presenta un análisis comparativo de resultados. Y finalmente, en el capítulo siete se presentan los costos unitarios del sistema propuesto, comparado con el costo del piso más económico que existe en el mercado.

OBJETIVOS

- **General**

Proponer y evaluar el piso de tierra estabilizada de bajo costo para una vivienda económica en Guatemala.

- **Específicos**

1. Conocer los conceptos sobre los pisos propuestos para la vivienda económica.
2. Evaluar experimentalmente las propiedades físicas y mecánicas de los pisos.
3. Utilizar materiales de dos comunidades distintas.
4. Proporcionar información que haga del piso, un elemento con mejores características ante el uso y el desgaste que pueda sufrir con forme el paso del tiempo.

INTRODUCCIÓN

Al piso se le ha dado una atención diferente en comparación con otras ramas de la construcción, tanto libros como manuales y técnicas constructivas cuentan con documentación limitada para los distintos sistemas de piso para las viviendas.

Se desea que este documento sea una fuente de consulta para que se logre solucionar los distintos problemas de piso a que se enfrentan las viviendas rurales. Para ello se propone y evalúa un piso con materiales de dos comunidades distintas, aplicando tecnología, que cumpla con las condiciones de resistencia, que sea ligero, que posea una superficie plana, decorativo, económico, y que no requiera una mano de obra especializada para su fabricación.

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo principal la propuesta y evaluación de un piso a base de tierra. Por medio de ensayos experimentales, para ser utilizado en una vivienda rural.

La propuesta de un piso económico dará una respuesta digna y efectiva a las necesidades de habitabilidad que carece un sector que, visto como grupo económico, se encuentra al margen de líneas crediticias, opciones constructivas y productos que ofrece el mercado.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Pisos y características que deben cumplir

El piso es un sistema de revestimiento que conforma el suelo transitable de cualquier espacio construido. Los pisos se apoyan sobre elementos estructurales sensiblemente horizontales, como los terrenos estabilizados, soleras y losas . Las principales funciones que desempeñan son el aislamiento y la ornamentación, pero al mismo tiempo deben resistir las abrasiones y los punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o mobiliarios, la caída de objetos y la compresión de los elementos que se apoyan. Además, muchos pisos tienen que ser inmunes a la acción de agentes químicos, como agua, aceites, sales o ácidos, a las agresiones de seres vivos e incluso a la propia luz solar.

Los diversos tipos de pisos se clasifican, atendiendo al método de construcción, en continuos y discontinuos.

Los pisos continuos, se puede definir como los que se extienden en grandes superficies, suelen fabricarse con piedras artificiales como morteros hidráulicos, hormigones o gravas asfaltadas, todos ellos monolíticamente. Entre los más comunes se encuentran los pisos industriales de hormigón, recubrimientos asfálticos de carreteras, etc.

Los pisos discontinuos o modulares, por el contrario, abarcan toda la variedad conocida de materiales, desde la piedra natural y artificial hasta los diversos plásticos, pasando por maderas, telas, alfombras, metales y otros conglomerados mixtos. Los entarimados, las moquetas, los adoquinados, los pisos de baldosas, los de chapas de acero o los de cemento líquido se incluyen entre estos pisos discontinuos.

La construcción de viviendas ha empleado a lo largo de la historia múltiples pisos con carácter decorativo. Uno de los medios más comunes ha sido utilizar grandes losas de piedras ornamentales como mármol, laja, basalto o jaspe. Otros se han basado en las labores complejas sobre maderas nobles, talladas con habilidad para componer tarimas. Pero entre todos ellos destacan por su carácter único los pisos romanos de mosaico, compuestos por pequeñas piezas de cristal o mármol llamadas teselas.

En la actualidad cuando se habla sobre piso, se entiende que es una superficie terminada, con textura y apariencia cómoda de una vivienda o edificación.

Los pisos al igual que otros elementos que forman parte de una vivienda, deben cumplir con ciertos requisitos o características, que los hacen elementos necesarios y de suma importancia para mejorar la calidad de vida de las personas.

Entre estas características, se citan las siguientes:

- Comodidad al caminar
- Temperatura cómoda
- Protección contra insectos
- Protección contra la humedad
- Resistencia a la flexión
- Resistencia al impacto
- Resistencia al desgaste (4-4)

Además de tener una buena apariencia y ser un elemento decorativo.

El suelo natural no cumple con estas características, por lo que en el capítulo 3 se enumeran algunos tipos de pisos de bajo costo a base de tierra, que pueden ser usados en la vivienda rural, donde se parte de la idea principal que es la economía y satisfacción del usuario.

1.2 Normas sobre pisos

La normalización es la actividad de formular, publicar y aplicar, en relación a problemas reales o potenciales, documentos normativos dirigidos a la obtención eficiente de un objetivo.

Los documentos normativos pueden ser normas técnicas internacionales, regionales o nacionales, reglamentos, especificaciones técnicas o códigos de práctica. La normalización ofrece importantes ventajas, principalmente para mejorar la adaptación de los productos, procesos y servicios a los propósitos para los cuales fueron diseñados, prevenir obstáculos técnicos al comercio y facilitar la cooperación tecnológica.

Más específicamente, la elaboración y aplicación de normas ofrece una serie de ventajas tanto para el fabricante de un producto o prestador de un servicio, como para los consumidores o usuarios, entre tales ventajas se destacan las siguientes.

- Maximizar la capacidad de producción
- Simplificar el trabajo
- Unificar criterios mínimos de calidad
- Facilitar el intercambio de piezas
- Usar maquinarias y herramientas más adecuadas
- Facilitar la capacitación del personal
- Disminuir los costos de producción
- Incrementar la productividad y competitividad de la empresa

Hoy en día, en Guatemala existe una comisión encargada de la normalización, esta es la COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas), la cual funciona a través del ICAITI (Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial). También son usadas normas internacionales importantes, tales como la ASTM (*American Society of Testing Materials*), normas UNE (Una Norma Española). Y en nuestro medio existen algunas normas aplicadas por el CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería).

En el presente trabajo se mencionan básicamente las normas consultadas para realizar los ensayos a que fueron sometidas las probetas de piso que se fabricaron con el objeto de tener un método de evaluación y poder analizar los resultados de los sistemas propuestos.

1.2.1 Normas para ensayos de flexión

Norma COGUANOR NGO 41017 h8. Determinación de la resistencia a la flexión usando viga simple con carga en el punto central.

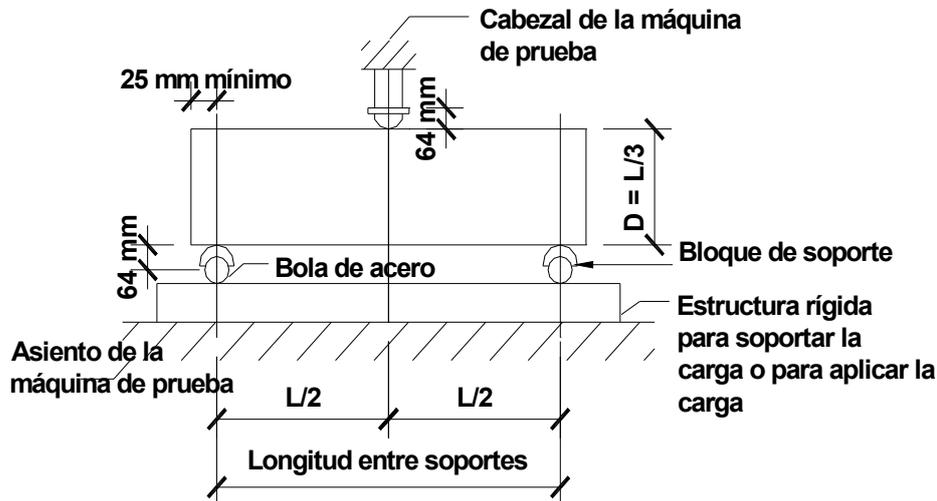
Objeto. Esta norma tiene por objeto establecer el método para la determinación de la resistencia a la flexión de probetas de hormigón, usando viga simple con carga en el punto central. La cual puede ser adoptada en cierta forma para ensayar ladrillos de piso a flexión.

Aparatos. Máquina de ensayo (véase la figura 1). Se debe usar una máquina que sea capaz de aplicar carga a una velocidad constante, sin interrupciones. No se permite el uso de máquinas de ensayo operadas manualmente, las cuales tengan un determinado dispositivo que no pueda producir carga hasta la fractura de la probeta.

El mecanismo por medio del cual se aplican las cargas al espécimen debe emplear un bloque superior de aplicación de carga y dos bloques de soporte a la cara del espécimen y que son aplicadas sin excentricidad.

En todo momento durante el ensayo las reacciones deben ser paralelas a la dirección de la carga aplicada, y la distancia horizontal entre el punto de aplicación de carga y la reacción más cercana, dividida entre el espesor de la viga debe ser 1.5 ± 0.03 .

Figura 1. Máquina para ensayo de flexión



El bloque superior de aplicación de carga y los bloques de soporte deben tener una altura no mayor de 64 mm, medida desde el centro de la bola o desde el eje de la varilla cilíndrica de acero según sea el caso (véase la figura 1), y deben extenderse completamente por lo menos en todo el ancho del espécimen.

Cada superficie de apoyo endurecida en contacto con el espécimen no debe desviarse de la horizontal en más de $51\mu\text{m}$ y debe ser una porción de un cilindro, el eje del cual coincide con el eje de la varilla cilíndrica o con el centro de la esfera, cualquiera que sea la forma de apoyo del bloque. El ángulo subtendido por la superficie curvada de cada bloque debe ser por lo menos de 45° . El bloque superior de aplicación de carga y los bloques de soporte deben ser mantenidos en posición vertical y en contacto con la varilla o la bola, por medio de un sistema de tornillos y resortes.

Procedimiento. Se vuelca la probeta sobre uno de sus lados con respecto a su posición de moldeado y se coloca en la máquina de prueba sobre los bloques de soporte; luego se centra el sistema de carga con relación a la fuerza a aplicar, se pone en contacto el bloque superior de aplicación de carga con el centro de la cara superior de la probeta y se aplica una carga comprendida entre un 3% a un 6% de la carga final estimada.

Al usar calibradores para medición de espesores del tipo hoja de 0.10 mm y 0.38mm, se determina si el espesor de cualquier rendija o espacio libre, que pueda quedar entre la probeta y el bloque superior de aplicación de carga, o entre el espécimen y los bloques de soporte es mayor de 0.38 mm o menor de 0.10 mm para una longitud de rendija de 0.25 mm o más.

Si dicho espesor excede de 0.10 mm y no es mayor de 0.38 mm, debe esmerilarse, recubrirse o usar calzas o bandas de cuero en la superficie de contacto de la probeta con los soportes para corregir el defecto; las calzas de cuero deben ser de un espesor uniforme de 6.4 mm y de 25 a 50 mm de ancho y deben extenderse a través del ancho total de la probeta. Si los espesores de las rendijas exceden de 0.38 mm, deben ser eliminados usando únicamente recubrimiento o esmerilado.

Expresión de resultados. El módulo de ruptura se expresa en mega pascales y se calcula de acuerdo con la siguiente expresión.

$$S = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times g^2}$$

S = Módulo de ruptura Kg-cm²

P = Carga aplicada Kg

L = Luz cm

b = Base o ancho del piso cm

g = altura del piso cm

Propuesta COGUANOR NGO. Determinación de la resistencia a flexión de piso de terrazo, bajo contrato con el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII.

Objeto: esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia a la flexión de los pisos de terrazo.

Campo de aplicación: los métodos que establece esta norma se aplican a pisos de terrazo para ser empleados en la construcción.

Principio del método: someter las probetas a una carga de flexión con una máquina apropiada.

Aparatos: se utiliza una máquina apropiada para producir la carga. Se usan 2 apoyos paralelos: barras de acero, que deben ser más largas que el lado del espécimen, y la carga se aplica paralela a los apoyos con una barra colocada al centro de la luz entre apoyos.

Preparación y conservación de las muestras: deberán estar secas y a temperatura ambiente. Se cortan con un largo de 0.35m y un ancho 0.40m.

Procedimiento: se colocan los pisos de 0.35 x 0.35 m. sobre los apoyos con una luz de 0.30 m; y los de 0.40 x 0.40 m. sobre los apoyos con luz de 0.35 m. se usarán 2 muestras para cada ensayo. Se aplica la carga al espécimen a no más de 100 Kg/minuto hasta que el mismo falla.

Expresión de resultados: la resistencia a la flexión se expresa en Kg. Y es aquella carga que provoca la rotura.

Informe del ensayo: en el informe debe indicarse lo siguiente:

- El método usado, los valores obtenidos y el promedio aritmético de éstos.
- Cualquier condición no especificada en la norma, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido en los resultados.
- Todos los detalles necesarios que permitan la completa identificación de las muestras.

Correspondencia. El Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, para elaborar la presente norma, tomó en cuenta las normas siguientes:

- *British Standards Institution. Specification for Terrazo Tiles.*
- *Israel Standar, S.I.6. Concrete Flooring Tiles.*
- Una Norma Española, UNE 41 008. Baldosas de cemento.

1.2.2 Normas para ensayos de impacto

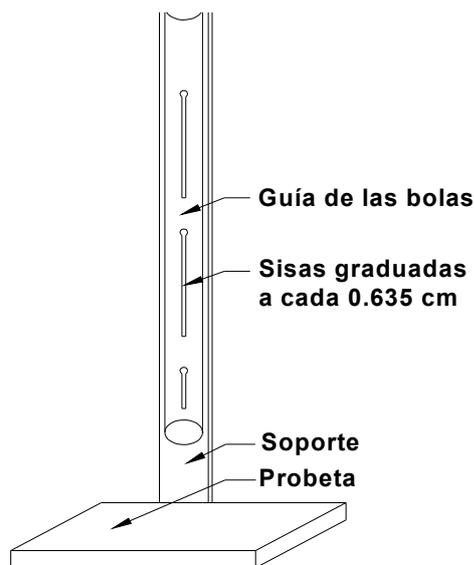
ASTM F 1265-89. Resistencia a impacto para piso.

Alcance. Este método de prueba determina la resistencia al impacto de pisos asfálticos y azulejos.

Espécimen de prueba. Este consiste en una porción de 15 x 15 cm.

Aparatos que se usan. Aparato medidor de impacto, (véase la figura 2), el cual consiste esencialmente de un soporte de la probeta, bolas de acero y un dispositivo para guiar un peso uniformemente, bolas de acero de 2.54 cm de diámetro y con un peso de 0.065 ± 0.001 kilogramos, dispositivo de guía graduado con sisas a cada 0.635 cm por encima de los 50.8 centímetros, pasta de óxido de zinc, se usará óxido de zinc en polvo para que con agua forme una pasta.

Figura 2. Aparato medidor de impacto



Procedimiento. Se extiende una capa de óxido de zinc sobre el centro de la superficie, desgastando la probeta formando un círculo de 7.62 ± 0.317 cm de diámetro. Luego se pone la probeta boca abajo y se centra encima de las tres bolas de acero atadas al soporte de la probeta. Las pelotas entonces golpean el centro de la probeta dentro de alturas y tiempos determinados. Cuidadosamente se pone la probeta en su posición original después de cada impacto, para que con el último impacto se examine si no existen grietas que se extiendan más allá del círculo.

Propuesta COGUANOR NGO. Determinación de la resistencia a impacto de piso de terrazo, bajo contrato con el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII.

Objeto. Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia a impacto de los pisos de terrazo.

Campo de aplicación. Los métodos que establece esta norma se aplican a pisos de terrazo para ser empleados en la construcción.

Principio del método. Someter las probetas a una carga de impacto con un aparato determinado.

Aparatos. Se utiliza un aparato en el que una masa de 2 Kg. se deja caer desde alturas sucesivas. El espécimen se coloca sobre una cama de arena, de altura uniforme, de manera que la masa golpee en su centro.

Preparación y conservación de las muestras. Deberán estar secas y a temperatura ambiente. Se cortan de manera que largo y ancho sean iguales de 0.20 m, con una tolerancia de ± 0.5 mm. Se usarán un mínimo de 2 muestras para cada ensayo.

Procedimiento. Se aplica la carga a alturas sucesivas, empezando por 1 cm. y aumentando 1 cm cada vez hasta que el espécimen falla.

Expresión de resultados. La resistencia al impacto del piso de terrazo se expresa en cm, la altura a la que se dejó caer la masa y provocó la fractura.

Informe del ensayo. En el informe debe indicarse lo siguiente:

- El método usado, los valores obtenidos y el promedio aritmético de éstos.
- Cualquier condición no especificada en la norma, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido en los resultados.
- Todos los detalles necesarios que permitan la completa identificación de las muestras.

Correspondencia. El Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, para elaborar la presente norma, tomó en cuenta las normas siguientes:

- *Israel Standar, S.I.6. Concrete Flooring Tiles.*

1.2.3 Normas para ensayos de absorción

Propuesta COGUANOR NGO. Determinación de la absorción de agua de piso de terrazo, bajo contrato con el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII.

Objeto. Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la absorción de agua de los pisos de terrazo.

Campo de aplicación. Los métodos que establece se aplican a pisos de terrazo para ser empleados en la construcción.

Principio del método. Introducir los especímenes en agua durante cierto tiempo, luego a un horno, y de acuerdo a una relación adecuada encontrar la absorción de agua absoluta y relativa.

Aparatos. Se utiliza una balanza capaz de apreciar 0.1 gramo, se usará un dinamómetro, un horno.

Preparación y conservación de las muestras. Se pueden usar pedazos de pisos fracturados con anterioridad o sobrantes de cortado de pisos, deberán estar limpios, secos y a temperatura ambiente.

Procedimiento. Se introducen los especímenes en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, luego de este tiempo se sacan, se dejan drenar un minuto y se elimina el agua sobrante de las muestras con un paño húmedo; se pesan y se anotan los valores. Ahora se procede a introducirlos a un horno a 100 ° - 110 °C. durante 24 horas, luego se sacan permitiendo que lleguen a la temperatura ambiente, se pesan y se anota su peso; entonces se pesan flotando en agua y se anota este valor.

Expresión de resultados. La absorción de agua de cada espécimen se expresa en Kg/m³ de material, y se calcula como sigue:

$$\frac{M_{saturado} - M_{seco}}{M_{saturado} - M_{agua}} * 1000 = \text{Absorción máxima absoluta}$$

$$\frac{M_{saturado} - M_{seco}}{M_{seco}} * 100 = \text{Absorción máxima relativa}$$

Donde:

M_{saturado} = es la masa del espécimen luego de pasar 24 horas en agua.

M_{seco} = es la masa del espécimen luego de pasar 24 horas en un horno.

M_{agua} = es la masa del espécimen dentro del agua.

Informe del ensayo. En el informe debe indicarse lo siguiente:

- El método usado, los valores obtenidos y el promedio aritmético de éstos.
- Cualquier condición no especificada en la norma, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido en los resultados.
- Todos los detalles necesarios que permitan la completa identificación de las muestras.

Correspondencia. El Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, para elaborar la presente norma, tomó en cuenta las normas siguientes:

- Una Norma Española, UNE 41 008. Baldosas de cemento.

Estas normas pueden ser utilizadas para realizar ensayos de laboratorio sobre muestras de piso, y como complemento se pueden comparar los resultados con varios parámetros ya establecidos, tal es el caso de las condiciones del F.H.A, (véase la tabla I).

Tabla I. Especificaciones sobre ensayos de pisos de cemento líquido, según norma de F.H.A

Norma de F.H.A	Tipo de piso		
	A	B	C
Espesor mínimo de piso de granito (cm)	2.3	2.3	2.3
Espesor mínimo de la pastina (mm)	2.5	2.5	2.5
Resistencia mínima a flexión (Kg/cm ²)	35	25	15
Altura mínima de fractura por impacto (cm)	18	14	10
Absorción de agua en 24 horas (%)	15	20	25

1.3 Pisos para la vivienda económica

En el tipo de vivienda de rancho y casa provisional, clasificado por el Instituto Nacional de Estadística, se cuenta principalmente con piso de tierra, que en la mayoría de los casos es el terreno natural. Y con grandes ventajas pero siendo muy poco utilizados los pisos de ladrillo cerámico, pisos de madera, pisos de cemento líquido, baldosa de barro cocido.

Tabla II. Material predominante en el piso según departamento

Departamento	Total de viviendas	Porcentaje material predominante en el piso							
		Ladrillo cerámico	Ladrillo de cemento	Ladrillo de barro	Torta de cemento	Entarimado	Madera	Tierra	Otro
Guatemala	619,636	13.30	36.80	0.420	28.30	0.19	0.30	7.35	0.030
El Progreso	36209	3.02	17.83	0.90	41.42	0.02	0.37	18.45	0.130
Sacatepéquez	54414	6.92	18.00	1.21	48.98	0.15	0.29	8.66	0.036
Chimaltenango	93655	3.25	15.73	0.72	40.10	0.46	0.48	25.96	0.024
Escuintla	129208	3.45	11.00	0.30	56.09	0.19	0.48	13.10	0.093
Santa Rosa	74458	2.30	16.33	0.91	36.03	0.11	0.25	26.22	0.007
Sololá	62890	2.71	9.15	0.59	36.87	0.048	0.49	34.52	0.050
Totonicapán	75502	1.91	5.86	0.64	22.71	0.026	0.54	45.28	0.021
Quetzaltenango	143085	5.42	15.56	0.44	39.10	0.06	0.35	18.45	0.02
Suchitepéquez	90628	2.78	8.17	0.29	46.32	0.05	0.39	27.22	0.03
Retalhuleu	54720	4.56	7.89	0.26	43.08	0.09	0.53	28.40	0.03
San Marcos	177946	2.07	5.04	0.24	31.88	0.07	0.70	37.13	0.01
Huehuetenango	196257	1.90	6.37	0.53	20.92	0.05	0.68	42.10	0.01
Quiché	140046	0.78	3.87	0.39	15.39	0.02	0.73	57.83	0.01
Baja Verapaz	52980	1.22	4.00	0.63	28.97	0.07	0.39	43.02	0.04
Alta Verapaz	149996	1.14	5.01	0.12	19.61	0.03	0.90	61.21	0.00
Petén	81652	1.72	3.50	0.15	29.31	0.04	1.41	46.26	0.06
Izabal	76572	2.93	8.22	0.29	43.03	0.09	2.02	25.36	0.13
Zacapa	49958	2.89	9.63	1.37	49.66	0.11	0.20	19.48	0.06
Chiquimula	69507	2.75	15.01	0.86	24.33	0.02	0.28	40.77	0.03
Jalapa	54139	1.36	18.61	1.28	12.58	0.01	0.40	49.37	0.00
Jutiapa	94807	2.17	26.71	1.53	20.59	0.05	0.26	31.90	0.00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE. Año 2002

Esto se debe principalmente al alza de los materiales y al bajo poder adquisitivo de las personas en el área rural. Estos datos se aprecian claramente en la tabla II en donde se cuenta con información del material utilizado como piso en viviendas provisionales y ranchos.

Otra causa muy enmarcada en nuestro medio es la gran influencia que ejercen los países desarrollados sobre los países como Guatemala, desde los tiempos de la colonia se ha tenido una gran diferencia entre la tecnología utilizada por estos países, la cual influye de manera directa sobre nuestro medio, pues se tienen que adoptar las técnicas, materiales y sistemas constructivos que ellos proponen. Esto tiene como consecuencia el mínimo esfuerzo por encontrar documentación nacional que proponga, evalúe e investigue técnicas que consuman recursos locales de una mejor manera.

1.4 Piso de tierra apisonada

El sistema de piso de mayor uso en Guatemala es el sistema de tierra compactada, o apisonada. El cual no requiere de una tecnología elevada para su fabricación. Se encuentra por ejemplo, en la construcción con adobe y otras viviendas rurales económicas, que el piso que usan es simplemente la tierra que se encuentra en el lugar, se le agrega cierta humedad y luego se apisona para que con el paso del tiempo, el tráfico a que es sometido, y el desgaste debido al uso, tienda a formar una superficie plana, libre de polvo y de aspecto resistente.

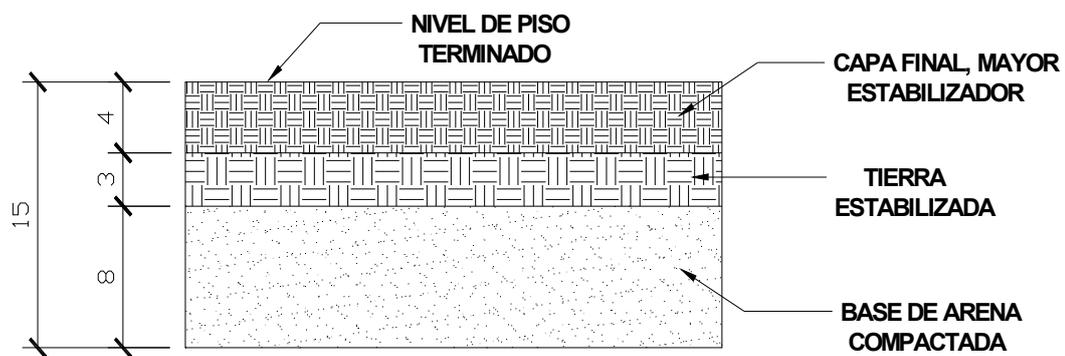
El uso que frecuentemente se le da a este piso es para los interiores y exteriores de viviendas, siendo más frecuente y más notorio en cocinas y corredores.

1.4.1 Procedimiento para la elaboración de piso de tierra apisonada

- a. Limpiar y nivelar el área, esto se hace quitando toda capa vegetal o tierra negra que exista por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado.
- b. Se hace el trabajo en tres capas. La primer capa de 8 cm consiste en llenar con un material de alto contenido de arena, esto para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural.
- c. Se tiende una segunda capa de 3 cm con poco estabilizador y se apisona, previendo que la humedad sea la óptima.
- d. Se tiende la capa final de 4 cm la cual contendrá mayor estabilizador, debido a que estará sujeta a las cargas y desgastes provocados por el uso frecuente.

La tierra que se emplea, es la misma tierra con que se construyó (figura 3).

Figura 3. Construcción de pisos de tierra



Para curar este piso, se pueden usar el método de aspersión o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados durante varios días. Al finalizar el periodo de curado, se aplica al piso una lechada de cemento y arena fina para sellar las grietas e impermeabilizarlo. (4-9)

1.5 Pisos de suelo cemento

En los pisos de este tipo, el material predominante es la tierra, pues en la mezcla que forma el suelo cemento existen proporciones de 1:7 hasta 1:16, lo cual indica que la tierra es el mayor componente. La tierra que será usada, debe ser de excavación y no superficial, dado que esta última tiene un alto contenido de materia orgánica.

1.5.1 Procedimiento para construir piso de suelo cemento

- a. Limpiar y nivelar el área, esto se hace quitando toda capa vegetal o tierra negra que exista con espesor variante dependiendo del terreno.
- b. Colocar arrastres de madera pudiendo ser de 2" x 2" (5x5 cm), paralelamente que sirvan como guías, con una separación mínima de 1.50 m, para formar así tramos de 5 cm de espesor y de la longitud que tenga el ambiente.
- c. La tierra no deberá tener menos del 75 por ciento de arena, dado que un porcentaje menor, requerirá mayor cantidad de cemento y esto recae directamente en los costos.
- d. Cernir la tierra en tamiz 4. cernidor de 4.76 mm.
- e. Hacer la mezcla y humedecerla, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación.
- f. Humedecer el área de la construcción del piso, sin formar pozas ni exceso de agua.
- g. Se coloca la mezcla con una cuchara de albañil, cuidando de no dejar espacios vacíos en cada plancha y formar así las indeseables ratoneras.
- h. No se debe suspender el proceso más de 15 minutos, de lo contrario la mezcla necesitará más agua.
- i. Con una plancha de madera, se debe alisar la superficie y compactar con esta misma adecuadamente, y para un acabado fino, si se desea, se puede posteriormente alisar con una plancha metálica y agregar algún colorante.

Para curar este sistema de piso se debe aplicar agua en abundancia por 1 semana de 2 a 4 veces por día, y también se puede curar protegiéndolo con bolsas de cemento, cal o costales previamente humedecidos.

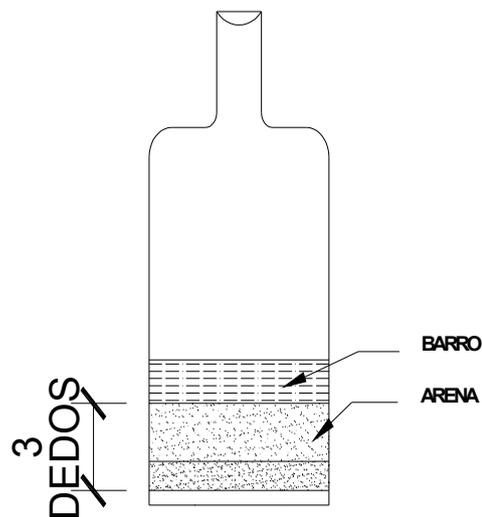
1.5.2 Procedimiento de campo para verificar la calidad de la tierra para fabricar pisos

Cantidad de arena contenida

- a. En una botella de vidrio claro, agregar una muestra de tierra hasta la altura de 4 dedos.
- b. Se llena con agua hasta el arranque del cuello y se agita invirtiendo varias veces la botella.
- c. Se deja en reposo y al poco tiempo la arena habrá quedado en el fondo y por encima de ella, bien separado quedará el barro.

Al observar la botella (figura 4), puede observarse que la línea de separación entre la arena y el barro es de 3 dedos a partir del fondo de la botella.

Figura 4. Prueba para determinar la cantidad de arena



Una vez que se conoce la proporción de arena que tiene la tierra, se hace la mezcla, con las proporciones siguientes (tabla III).

Tabla III. Proporciones de materiales para fabricar pisos de suelo cemento

Contenido de arena en la botella	Partes de	
	cemento	arena
1 dedo	1	7 a 8
2 dedos	1	9 a 11
3 dedos	1	12 a 14
4 dedos	1	15 a 16

Fuente: Jorge Federico Molina. Evaluación de un sistema de piso de tierra compactada estabilizada para vivienda económica p. 11

1.5.3 Condiciones de humedad de la mezcla

- a. Se toma una muestra de la mezcla y se comprime con ambas manos dándole forma redonda, cuando no se pueda formar una bola, habrá que agregar más agua, y se vuelve a probar si al comprimir la mezcla se forma la bola y se desprenden algunas gotas de agua, el material es moldeable y se puede usar.
- b. Luego se agarra la bola y con el brazo extendido se deja caer, si al caer la bola se aplasta sin desbaratarse la mezcla es la adecuada para usarse.

1.6 Piso de suelo cal

Entre los pisos que se utilizan para la construcción de la vivienda económica, se encuentran los pisos de tierra cal. Estos pisos nos resultan muy eficientes y económicos cuando se utilizan, pues en ellos se presenta la utilización de un estabilizador de bajo costo como lo es la cal hidratada.

Materiales utilizados. Los materiales que se utilizan para la elaboración de este tipo de piso son cal hidratada, arena de río, arcilla y agua.

Mezcla y proporciones. Primero, se prepara un mezclón utilizando una determinada proporción de cal hidratada y otras partes de arena sin cernir, otra parte de arcilla cernida con cernidor de $\frac{1}{4}$ ".

Acabado final. Para el acabado final de este piso, se puede usar una capa de pastina como remate, la cual se recomienda fabricar con una proporción de 1:1 refiriéndose a una parte de cemento por una parte de arena de río, debido a que esta parte del piso será la que esté en contacto directo con muebles, y tránsito de personas, las cuales provocarán los esfuerzos a que se somete el piso.

1.7 Piso de mortero a base de tierra

El piso de mortero es ya muy conocido en Guatemala. El tipo de piso de mortero más usado según el INE es la torta de cemento (tabla II), la cual se encuentra en un 33.5% de las viviendas a nivel nacional.

El objetivo principal de este trabajo de graduación es evaluar y proponer un sistema de piso de mortero más económico inclusive que la torta de cemento, que cumpla con el aislamiento y la ornamentación a que serán sometidos.

El piso de mortero a base de tierra se puede elaborar con la misma tierra que ha sido escavada del lugar de construcción. También se puede seleccionar la tierra dando mejores resultados.

1.8 Piso de piedra bola con una capa de suelo cal

Este piso es sin duda uno de los más resistentes a las fuerzas de abrasión y punzonamiento producido por el uso continuo. Y se puede fabricar de manera económica.

Los materiales que se usan son: piedra bola de río con diámetro de 4 cm, cal y material seleccionado.

Para la fabricación de este sistema de piso que se asemeja al empedrado de calles, se puede proceder de buena forma si se siguen estos lineamientos.

- a. Limpiar y nivelar el área, esto se hace quitando toda capa vegetal o tierra negra que exista por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado.
- b. Se hace el trabajo en tres capas. La primer capa es la base del piso de 8 cm, se llena con un material bien compactado, de alto contenido de arena, para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural. Se tiende la segunda capa con piedra bola de 4 cm aproximados de diámetro apisonándola.
- c. Sobre estas capas se vierte la mezcla de suelo cal formando una capa final de 3 cm la cual también será apisonada.
- d. Se alisa esta última capa con cemento y arena fina, a la cual se le puede agregar un colorante (figuras 5 y 6).

Figura 5. Construcción de piso de piedra bola con una capa de suelo cal



Figura 6. Compactación de la capa final del piso



2. NECESIDADES Y REALIDAD ACTUAL DE LA VIVIENDA RURAL

2.1 Déficit habitacional

La producción de viviendas en condiciones de habitabilidad y con los servicios básicos marcha muy atrás de la demanda por la población, esto produce un déficit habitacional.

La Cámara de la Construcción de Guatemala estimaba en el período de 1990 a 1995 la necesidad de nuevas viviendas en 178,750 unidades, aproximadamente 80,422 por año y la producción de viviendas es de 300 unidades por cada millón de habitantes, lo cual no cubre más del 3.73% de las nuevas necesidades anuales. Por otro lado, desde la década de los ochenta la economía del país entró en un franco deterioro, marcado con altas tasas de inflación, pérdida de las reservas monetarias, rápido crecimiento del endeudamiento externo, pérdida del valor cambiario con respecto al dólar y los intereses sobre capital para compra de vivienda son altos. Este deterioro repercutió en la economía familiar y ha redundado en que la gran mayoría de la población no tiene capacidad económica para adquisición de vivienda.

El Instituto Nacional de Estadística estima que el 75% de la población vive en condiciones de pobreza, esto es tres de cada cuatro hogares guatemaltecos, y lo más dramático dos de estos cuatro hogares se encuentran en situación de pobreza extrema.

El actual gobierno que recientemente asumió el poder, no ha definido su política de vivienda, pero está trabajando en ella. Esta política seguramente contendrá lo expresado por el partido gobernante en cuanto: privilegiar la atención de las familias pobres, generar financiamiento para que las familias puedan obtener vivienda, trabajar por romper el monopolio de los materiales de construcción, en el sistema financiero lograr que los bancos presten para edificar vivienda con bajo interés. Si esta política cumple con lo que los gobernantes ofrecen, seguramente se logrará bajar la cifra del déficit habitacional.

El déficit cualitativo durante las dos últimas décadas ha sido superior al 90% del déficit total. La política habitacional se ha concentrado tradicionalmente en el departamento de Guatemala. Las soluciones habitacionales del Fondo Guatemalteco para la Vivienda son insuficientes para revertir la tendencia hacia el alza del déficit habitacional. Actualmente no existe en el Ministerio de Comunicaciones, Transporte, Obras Públicas y Vivienda una instancia rectora de la vivienda.

2.1.1 Población y vivienda

El marco de referencia en que se encuentra la tipología de la vivienda está en función de los recursos disponibles y las características del país en el orden cultural, social y económico, incluyendo desde luego las diferencias existentes en los tipos de clima, recursos hídricos, ecológicos y tipos de suelos, conforme cambia la altitud, zona vegetativa, morfología del terreno, etc.

Política y administrativamente, Guatemala está dividida en ocho regiones las cuales abarcan varios departamentos, esta regionalización fue realizada con base en razones históricas, étnicas y facilidad de comunicación. Se cuenta con 20,485 lugares poblados y 330 municipios que forman los 22 departamentos.

Se asigna un número de región y los departamentos que lo conforman, clasificándose también por la localización cardinal dentro del mapa de Guatemala (tabla IV).

Tabla IV. Clasificación de los departamentos de Guatemala por regiones

REGIÓN	DEPARTAMENTOS
Región I	La ciudad de Guatemala
Región II (norte)	Baja Verapaz y Alta Verapaz
Región III (nororiente)	El Progreso, Izabal, Zacapa y Chiquimula
Región IV (suroriente)	Santa Rosa, Jalapa y Jutiapa
Región V (central)	Sacatepequez, Escuintla y Chimaltenango
Región VI (suroccidente)	Sololá, Totonicapán, Quetzaltenango, Suchitepequez, Retahuleu y San Marcos
Región VII (noroccidental)	Huehuetengo y Quiché
Región VIII (Petén)	Petén

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE año 2002.

Aproximadamente 50% de hogares del área metropolitana de Guatemala y 60% de otros centros urbanos habitan en asentamientos en condiciones deficientes y en el área rural al menos el 80% de los hogares habitan en condiciones precarias en cuanto a seguridad en la tenencia, servicios básicos y equipamiento social.

Para clasificar la vivienda según las regiones propuestas y la tipología, se procedió a dividir la vivienda según la definición del Instituto Nacional de Estadística.

Casa formal. Es todo recinto separado e independiente que ha sido construido, adaptado o dispuesto al alojamiento de uno o más hogares y que al momento del censo no se utiliza totalmente para otros fines. Se caracteriza por el hecho de que la construcción se encuentra rodeada de paredes divisorias, muros, cercas, jardines o terrenos que separan una casa de otra.

Corresponde también a este tipo de locales aquellos que tienen un techo único para dos o más viviendas contiguas, y que asimismo cuentan con servicios exclusivos de agua, electricidad y servicio sanitario.

Apartamento. Conjunto de cuartos que forman parte de un edificio de dos o más pisos y se encuentra separado de otros apartamentos similares por paredes divisorias que van desde el piso hasta el techo. Se caracteriza por tener acceso a través de un área común y cuenta con servicios exclusivos de agua, electricidad y servicios sanitarios.

Cuarto de vecindad. Local de habitación construido, adaptado o dispuesto, para el alojamiento de tantos hogares como cuartos tenga dicho edificio. Cada cuarto se caracteriza por tener una entrada directa desde un pasillo, patio, corredor, etc. Generalmente estos locales de habitación cuentan con servicio colectivo de agua, servicio sanitario y baño. Un hogar puede ocupar uno o más de estos cuartos, en cuyo caso se considera al conjunto de cuartos ocupados por este hogar, como un solo local de habitación.

Rancho. Local de habitación con uno o más cuartos que generalmente ha sido construido con materiales naturales de origen local, las paredes son de bajareque, barro, corteza, palo o caña y el techo de paja, palma o similares, con piso de tierra.

Casa improvisada. Aquella construcción independiente de carácter provisional, construida con materiales de desecho (plástico, cartón, madera, lámina de zinc, etc.), sin un plan preconcebido para servir de habitación a uno o más hogares.

La información que se tienen sobre las casas improvisadas, indica que pertenecen a asentamientos precarios donde el área del lote en promedio es de 78 m² y puede variar desde 20 a 198 m². El número de cuartos en promedio es de 1.54 m² y en general un espacio es dedicado al área de estar, cocinar y otro a dormir o a combinación de ambos. El número de personas por cuarto en promedio es de 4, lo cual refleja el nivel de hacinamiento.

Se sugiere radicar la función rectora de la vivienda y los asentamientos humanos en una entidad que asuma todas las labores normativas y de formulación de las políticas relativas al sector.

Estas políticas deben contemplar mecanismos que permitan evaluar su impacto en el déficit habitacional y dirigir los esfuerzos a las familias más pobres y vulnerables. Para el corto plazo se recomienda redefinir la política de subsidios del sector vivienda. También se recomienda dar prioridad a los programas de regularización de la tenencia de tierras, a los programas de introducción de agua potable y a los sistemas de disposición de aguas servidas, así como a los de ampliación de las viviendas en los casos en que ello sea posible.

En el caso de los pisos, se pretende que de las propuestas surjan ideas y métodos constructivos que se pueden ir perfeccionando de unas comunidades a otras a través de la experiencia de los constructores.

Esto para dar una respuesta digna y efectiva a las necesidades de habitabilidad de los ranchos y casas de estar, que son las que en su mayoría cuentan con piso de tierra.

2.2 Construcción de vivienda informal

Cuando se habla de construir viviendas se menciona principalmente a tres partes interesadas en este tema.

Una parte son las instituciones de carácter público, que son las obligadas a dar soluciones a los requerimientos de vivienda del sector más necesitado. Otra parte son las organizaciones internacionales, que tienen un determinado interés en las personas de escasos recursos y están en su mejor disposición de brindar apoyo, tanto económico como práctico en la propuesta de distintos proyectos habitacionales de bajo costo. La otra parte, quizás la más importante en este trabajo, es el propietario, que al encontrarse en una situación económicamente mala, se ve en la necesidad de ser el mismo el diseñador, calculista y ejecutor de vivienda.

Por los motivos citados en el párrafo anterior, es que existen al menos 350 asentamientos, en el departamento de Guatemala. Estas construcciones son catalogadas como vivienda informal, las cuales tienen muchas deficiencias técnicas.

Entre algunas deficiencias constructivas podemos citar las siguientes.

- Construcción en flancos de barrancos
- Utilización de materiales muy livianos (nylon, plástico, cartón, madera)
- Uso irracional de recursos como el agua
- Mala disposición de desechos sólidos
- Muy bajo nivel de saneamiento

2.3 Pisos y sus problemáticas

El piso, es un tema que por lo general se le ha dado una atención diferente en comparación con otras ramas de la construcción. Por este motivo es difícil encontrar investigaciones completas a cerca del tema, ahora en este estudio, se trata de enmarcar algunas problemáticas que el piso puede tener, desde distintos puntos de vista.

En la ingeniería, el aspecto de resistencia es el principal requerimiento de un sistema de piso, pues por existir una gama de productos prefabricados se ha quedado estancada la investigación de la fabricación de sistemas de piso monolíticos, usando la misma tierra con que se construye ya sea fundidos o compactados para dar alternativas resistentes, estéticas y económicas.

Desde el punto de vista arquitectónico se dice que el piso no es un elemento que incide directamente en el cerramiento del objeto arquitectónico. (1-24) Esto recae directamente en el papel que asume el piso como parte de los elementos que forman la vivienda, pues no se le da soluciones a las superficies del piso como se mencionó con anterioridad.

La utilización de materiales locales. Cuando se construye, por ejemplo con adobe, la utilización que se le da a la tierra sobrante como resultado de las excavaciones y de los movimientos para nivelar el terreno, es la de relleno y construcción de piso. Muchas veces esta tierra no es la adecuada, debido a que en ella se mezcla la tierra superficial que tiene alto contenido de materia orgánica.

Las técnicas de construcción no son las adecuadas, este problema es ligado con el bajo presupuesto con que se cuenta en las viviendas rurales, a tal punto que en algunos casos se puede ver claramente la humedad ascendente del terreno natural hacia la capa final del piso, las fallas prematuras en los pisos mal compactados, y el desgaste cuando se barre.

El mantenimiento. Es un factor importante a tomar en cuenta, pues requiere de técnicas y procedimientos sistemáticos que hacen un poco mecánico el proceso del mantenimiento del piso. La finalidad que se busca es conservar una superficie pulida y libre de partículas que puedan hacer que el piso se deteriore por desgaste, presencia de moho u otro agente destructor.

Costo. Es bien sabido que un piso puede dar requerimientos satisfactorios si es de buena calidad, pero la buena calidad tiene un costo por arriba de la mayoría de los presupuestos en la construcción de la vivienda rural. Buena parte de este trabajo está dedicado a la obtención de buena calidad en los pisos a un bajo costo.

Uso de materiales locales y tecnologías sostenibles. Como se menciona en el párrafo anterior, se logra una buena calidad a un bajo costo utilizando: la misma tierra con que se construye siempre que esté libre de material orgánico o sustancias químicas que pueden afectar directamente la calidad. La tecnología sostenible que no requiera de una mano de obra calificada, por ejemplo, con la técnica de la compactación del suelo, se obtienen resultados satisfactorios de calidad.

3. MARCO EXPERIMENTAL

3.1 Piso de tierra apisonada

Durante mucho tiempo se ha demostrado y es claro que un material apisonado da una mejor característica mecánica comparado con un material en estado suelto. Esto debido a que el material alcanza su mayor peso en un menor volumen. A esta relación entre la masa del material y el volumen que ocupa, se le conoce como densidad.

Otro factor muy importante que interviene de forma directa en las características mecánicas de los materiales es la cantidad de agua con que este será apisonado. Para determinar la máxima densidad que el material puede alcanzar con un porcentaje de humedad óptimo, se hace uso de la prueba de compactación de proctor.

Para dar un ejemplo un poco más orientado en la construcción de adobe, la resistencia a compresión que tienen los adobes construidos convencionalmente anda en los 16 a 18 Kg/cm², mientras que un adobe apisonado alcanza valores hasta de 50 Kg/cm², pudiéndose construir de esta forma muros de mayor altura.

Por tal motivo, se usa la técnica de compactación de adobes para construir sistemas de piso de tierra apisonada como se menciona a continuación.

3.1.1 Piso de suelo cemento

Generalidades, se presentan una serie de muestras de piso de suelo cemento, en el cual se usó una arena pómez por encontrarse en la mayoría de regiones de Guatemala.

Los ensayos que se les practicó a las muestras fueron, ensayo de flexión, ensayo de impacto y ensayo de absorción.

Las muestras consisten en dieciséis probetas de suelo cemento, con tres proporciones diferentes y una cuarta a la cual se le hizo un acabado liso de cemento y arena. De estas probetas, ocho fueron construidas con arena pómez proveniente de Villa Nueva, y las otras ocho con arena pómez proveniente de Jutiapa.

Las probetas tienen las siguientes dimensiones (tabla V).

Tabla V. Dimensiones de las muestras de piso de suelo cemento

Proporción en volumen Compactación Procedencia del suelo	Dimensión (cm) LargoXBaseXGrosor	Peso (Kg)
5 arena pómez / ½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	28.40X23.37X5.13	5.504
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	28.03X23.30X5.43	5.488
5 arena pómez, 1 ½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	28.77X23.46X5.50	5.929
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina de 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Villa Nueva	28.63X23.50X5.30	6.037
5 arena pómez/½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	28.73X23.23X5.10	5.160
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	28.50X23.36X5.73	5.683
5 arena pómez, 1 ½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	28.27X23.47X5.56	5.065
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina de 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Jutiapa	28.53X23.50X6.57	6.630

3.1.1.1 Características físicas y mecánicas de la muestra de piso de suelo cemento

Físicas, elementos de textura uniforme y fina, apisonados y secados al momento de los ensayos.

Como elementos de dimensiones distintas unas de otras, se nombrarán de la siguiente manera a las caras del piso, para fines prácticos del presente estudio.

Base. Ancho del piso, es la cara que asienta directamente el suelo donde se construirá.

Largo. Será la cara que describe la longitud del elemento.

Grosor. La cara que describe la altura o grosor del elemento en cuestión.

Mecánicas. Por su diferencia entre el peralte y la longitud, son elementos que tienen un buen desempeño para soportar esfuerzos de flexión, compresión y de alta resistencia a impactos.

A continuación se tienen los datos de los ensayos a que fueron sometidas las probetas de piso, en las cuales se puede apreciar en la fila subrayada, las que mejores características económicas y mecánicas presentaron (tabla VI).

Tabla VI. Resultados de ensayos de laboratorio, a los 28 días de construcción de piso de suelo cemento

Proporción en volumen Compactación Procedencia del suelo	Porcentaje de absorción	Impacto (cm)	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)
5 arena pómez / ½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	39.53	35.00	12.18
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	32.06	37.00	16.97
5 arena pómez, 1 ½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	31.61	28.00	18.77
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina de 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Villa Nueva	28.65	50.00	27.75
5 arena pómez/½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	28.78	28.00	13.01
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	30.63	32.00	8.06
5 arena pómez, 1 ½ cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	25.09	69.00	28.71
5 arena pómez/1 cemento compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina de 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Jutiapa	27.89	44.00	14.01

3.1.1.2 Procedimiento para la elaboración de piso de suelo cemento

- a. Limpiar y nivelar el área, esto se hace quitando toda capa vegetal o tierra negra que exista, por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado.
- b. Se hace el trabajo en dos capas. La primer capa es la base del piso de 10 cm, consiste en llenar con un material bien compactado, de alto contenido de arena, esto para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural. Se tiende una segunda capa de 5 a 6 cm de material hecho con una mezcla de suelo y cemento.
- c. Colocar arrastres de madera pudiendo ser de 5x5 cm, paralelamente que sirvan como guías, con una separación mínima de 1.50 m. éstos deberán ser anclados para evitar que se destruyan a la hora de la compactación. Se forman tramos de 5 cm de espesor y de la longitud que tenga el ambiente.
- d. Cernir la arena pómez en tamiz 4, cernidor de 4.76 mm.
- e. Según las pruebas realizadas (tabla VI), se ha encontrado una muestra ideal, la cual consiste de las siguientes proporciones volumétricas. 5 partes de arena pómez procedente de Jutiapa por $\frac{1}{2}$ parte de cemento.

- f. Hacer la mezcla hasta tener un color uniforme, y humedecerla por pocos hasta tener una mezcla húmeda, cuidando de no pasarse del porcentaje óptimo de humedad. La mezcla puede utilizarse hasta un periodo máximo de 20 minutos en la sombra, pasado este tiempo deberá incrementarse la cantidad de agua.
- g. Humedecer el área de la construcción del piso, sin formar pozas ni exceso de agua.
- h. Se coloca la mezcla en tres capas, apisonando con un número de 200 golpes/m² cada capa, con apisonador metálico de 0.15 x 0.15 metros, (figuras 7 y 8).

Figura 7. Compactación por capas



Figura 8. Apisonador metálico



Para curar este piso, se puede usar el método de aspersion o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados.

3.1.2 Piso de suelo cal

Generalidades, se presentan una serie de muestras de piso de suelo cal, en el cual se usó una arena pómez por encontrarse en la mayoría de regiones de Guatemala.

Los ensayos que se les practicó a las muestras fueron, ensayo de flexión, ensayo de impacto y ensayo de absorción.

Las muestras consisten en dieciséis probetas de suelo cal, con tres proporciones diferentes y una cuarta a la cual se le hizo un acabado liso de cemento y arena. De estas probetas, ocho fueron construidas con arena pómez proveniente de Villa Nueva, y las otras ocho con arena pómez proveniente de Jutiapa. Las probetas tienen las siguientes dimensiones (tabla VII).

Tabla VII. Dimensiones de las muestras de piso de suelo cal

Proporción en volumen Compactación Procedencia del suelo	Dimensión (cm) LargoXBaseXGrosor	Peso (Kg)
5 arena pómez/ ½ cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	27.90X23.06X6.050	6.050
5 arena pómez/1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	28.80X23.23X5.57	5.597
5 arena pómez/1 ½ de cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	28.73X23.10X5.40	5.358
5 arena pómez, 1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Villa Nueva	28.60X22.56X5.60	6.142
5 arena pómez / ½ cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	28.40X23.56X5.63	4.484
5 arena pómez/1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	28.40X23.66X5.33	4.291
5 arena pómez/1 ½ de cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	*28.33X23.76X4.36	*3.204
5 arena pómez, 1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Jutiapa	28.13X22.77X6.63	5.954

3.1.2.1 Características físicas y mecánicas de la muestra de piso de suelo cal

Físicas: elementos de textura uniforme y rustica, apisonados y secados al momento de realizar los ensayos.

Mecánicas: por su diferencia entre el peralte y la longitud, son elementos que tienen un buen desempeño para soportar esfuerzos de compresión y una mediana resistencia para soportar esfuerzos de flexión e impacto, comparados con los pisos de suelo cemento.

3.1.2.2 Procedimiento para la elaboración de piso de suelo cal

Se repiten los pasos del procedimiento para elaborar piso de suelo cemento , a diferencia que la mezcla se hará con arena pómez utilizada como suelo y la cal utilizada como material estabilizador, (figura 9).

Figura 9. Construcción de piso de suelo cal



Según las pruebas realizadas y mostradas (tabla VIII), se ha encontrado una muestra ideal (economía y durabilidad), la cual consiste de las siguientes proporciones volumétricas: 5 partes de arena pómez procedente de Villa Nueva por ½ parte de cal hidratada.

Tabla VIII. Resultados de ensayos de laboratorio, a los 28 días de construcción del piso de suelo cal

Proporción en volumen Compactación Procedencia del suelo	Porcentaje de absorción	Impacto (cm)	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)
5 arena pómez/ ½ cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	34.72	29.00	14.86
5 arena pómez/1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	35.50	35.00	11.55
5 arena pómez/1 ½ de cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Villa Nueva	36.03	31.00	12.36
5 arena pómez, 1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Villa Nueva	34.56	33.00	23.92
5 arena pómez / ½ cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	40.17	17.00	1.43
5 arena pómez/1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	40.60	20.00	1.24
5 arena pómez/1 ½ de cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. arena pómez de Jutiapa	42.22	22.30	1.11
5 arena pómez, 1 cal compactación 3 capas, 100 golpes c/capa. Con pastina 1:1 arena de río/cemento arena pómez de Jutiapa	32.05	17.00	3.01

Los procesos que faltan son iguales a los de fabricación del piso de suelo cemento.

Para curar este piso, se pueden usar el métodos de aspersión o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados. Durante los primeros días aparecerán algunas grietas, las cuales se pueden llenar con un poco de cemento y arena cernida, luego con una plancha de madera distribuir en forma remolineada. Al finalizar el periodo de curado aproximadamente 1½ semana, se aplica al piso una lechada cal y arena fina para sellar las grietas finales e impermeabilizarlo.

3.1.3 Piso a base de tierra

Generalidades: se presentan una serie de muestras de piso construido con un mortero hecho a base de tierra, agregados y aglomerantes en distintas proporciones.

Los ensayos que se les practicó a las muestras fueron, ensayo de flexión, ensayo de impacto y ensayo de absorción.

Las muestras consisten en diecisiete probetas construidas a base de tierra, con las siguientes dimensiones (tabla IX).

Tabla IX. Dimensiones de las muestras de piso a base de tierra

Proporción en volumen Edad de la muestra	Dimensión (cm) LargoXBaseXGrosor	Peso (Kg)
1 cemento / 3 arena / 1cal edad 29 días	27.93X22.76X5.63	5.123
1/2 cemento / 3 arena / 1/2cal edad 25 días	28.00X22.86X5.63	5.715
1 cal / 2 arena / 2 arcilla (reforzado con malla de gallinero) edad 24 días	27.57X22.86X5.13	4.573
1/2 cemento / 2 arena / 1 1/2 arcilla edad 24 días	28.20X22.93X5.13	5.168
1/2 cemento / 3 arena / 1/2 cal/1arcilla edad 24 días	28.03X22.86X5.53	5.270
1/2 cemento / 4 arena / 1/2 arcilla edad 23 días	27.97X22.83X5.07	4.446
1/2 cemento / 3 arena / 1cal / 3 arcilla edad 23 días	27.67X22.93X5.40	4.826
2 cemento / 4 arena / 4 arcilla edad 22 días	27.57X23.00X5.40	5.013
2cemento / 8 arena / 4 arcilla edad 22 días	28.46X22.73X5.27	5.068

3.1.3.1 Características físicas y mecánicas de la muestra del piso a base de tierra

Físicas: elementos de textura uniforme, fundidos y secos al momento de los ensayos.

Mecánicas: por su diferencia entre el peralte y la longitud, son elementos que tienen un desempeño medio para soportar esfuerzos de compresión, una baja resistencia cuando se les somete a flexión e impacto.

Los resultados del ensayo de flexión, impacto y absorción se muestran a continuación (tabla X).

Tabla X. Resultado de los ensayos de laboratorio de los pisos a base de tierra

Proporción en volumen Edad de la muestra	Porcentaje de absorción	Impacto (cm)	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)
1 cemento / 3 arena / 1cal edad 29 días	16.42	34	14.58
1/2 cemento / 3 arena / 1/2cal edad 25 días	15.63	19	7.38
1 cal / 2 arena / 2 arcilla (reforzado con malla de gallinero) edad 24 días	22		0.0834
1/2 cemento / 2 arena / 1 1/2 arcilla edad 24 días	20	11	1.67
1/2 cemento / 3 arena / 1/2 cal/1 arcilla edad 24 días	19.46	12	2.56
1/2 cemento / 4 arena / 1/2 arcilla edad 23 días	18.43	9	1.43
1/2 cemento / 3 arena / 1 cal / 3 arcilla edad 23 días	24.47	8	0.400
2 cemento / 4 arena / 4 arcilla edad 22 días	25.72	5	0.4002
2 cemento / 8 arena / 4 arcilla edad 22 días	23.07		0.530

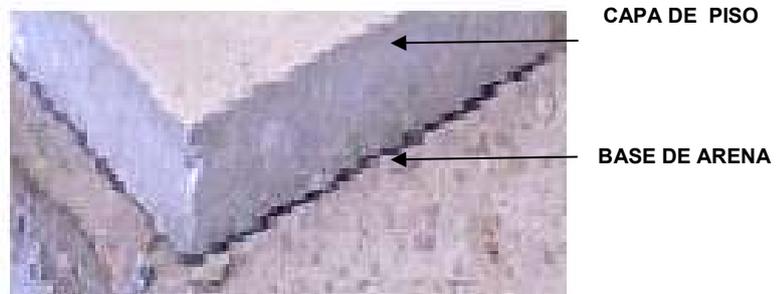
3.1.3.2 Procedimiento para la elaboración de piso a base de tierra

La diferencia del piso de suelo cal, con el piso a base de tierra es que la mezcla se hará con tierra, agregados y aglomerantes en distintas proporciones (figuras 10 y 11).

Figura 10. Arrastres de madera, usados como formaleta para fabricar piso a base de tierra



Figura 11. Capas de material para elaborar el piso a base de tierra



Según las pruebas realizadas y mostradas anteriormente (tabla X), se ha encontrado una muestra ideal (economía y durabilidad), la cual consiste de las siguientes proporciones volumétricas. $\frac{1}{2}$ parte de cemento, $\frac{1}{2}$ parte de cal, 3 partes de arena cernida, 1 parte de tierra cernida, y 1 parte de agua.

Hacer la mezcla hasta tener un color uniforme, y humedecerla por pocos hasta tener una mezcla que posea buena trabajabilidad.

Se coloca la mezcla con una cuchara de albañil, cuidando de no dejar espacios vacíos en cada plancha y formar así las indeseables ratoneras.

Para curar este piso, se puede usar el método de aspersión o simplemente cubrirlo con bolsas de cemento, cal o costales mojados. Durante los primeros días aparecerán algunas grietas, las cuales se pueden llenar con un poco de cemento y arena cernida, luego con una plancha de madera distribuir en forma remolineada. Al finalizar el periodo de curado, aproximadamente 1 semana, se aplica al piso una lechada de cemento y arena fina para sellar las grietas finales e impermeabilizarlo.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Cada vez que se estudia y se construye se debe ir de la mano con los estudios de laboratorio. En Guatemala se pueden mencionar a varios laboratorios, pero sin duda uno de los más grandes y completos es el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII. de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Aquí se pueden hacer los ensayos para cualquier área de la Ingeniería Civil, por tal motivo en el presente estudio, se hace uso de la valiosa información de los ensayos que brinda el CII, para poder así tener una base sólida y confiable de lo que se propone.

Ensayos más frecuentes en los pisos

- Flexión
- Desgaste
- Absorción
- Impacto

Como ensayos complementarios para verificar la calidad de la materia prima con que se trabaja se puede hacer mención de la granulometría y la compactación.

4.1 Ensayo de granulometría y compactación del suelo utilizado

Ensayo granulométrico. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

Conocida la composición granulométrica del material. Se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo.

El análisis granulométrico se utiliza como parámetro exacto de la determinación de la cantidad de arena que contiene el suelo que se utilizó como materia prima en la fabricación de piso.

El ensayo de granulometría se basa en conocimientos científicos, los cuales respaldan los procedimientos de campo para verificar la calidad de la tierra.

Otra finalidad del ensayo de granulometría, es determinar los coeficientes de uniformidad y de graduación, y concluir si está bien o mal graduado.

Para la fabricación de piso de tierra apisonada es de suma importancia hacer énfasis en lo siguiente. Los suelos gruesos con amplia gama de tamaños (bien graduado) se compactan mejor, para una misma energía de compactación, que los suelos muy uniformes (mal graduado). Estos sin duda es cierto, pues sobre todo con un apisonador, las partículas más pequeñas pueden acomodarse en los huecos entre las partículas más grandes, adquiriendo el contenido una mayor resistencia.

Como se hace mención en los procedimientos utilizados para la elaboración del piso, se sabe que el suelo utilizado es un suelo de alto contenido de arena.

En el presente trabajo de graduación se ha trabajado con 2 tipos de suelo de distinta procedencia, a los cuales se les realizó un análisis granulométrico, (tabla XI).

Tabla XI. Resultado del análisis granulométrico del suelo

Tipo de suelo descripción	Procedencia	Porcentaje de arena	Porcentaje de grava	Porcentaje de finos
Arena pómez limosa color café claro	Villa Nueva	53.60	10.00	36.40
Arena pómez limosa color blanca	Jutiapa	69.20	2.50	28.40

Ensayo de compactación. El principal objetivo del ensayo es determinar la densidad máxima del terreno y la humedad óptima con que es alcanzada dicha densidad.

El método de determinación de la densidad máxima o prueba de proctor consiste esencialmente en colocar el suelo en un molde apropiado en capas (tres capas para el estándar y cinco para el modificado), iguales cada una se somete a un grado específico de energía de compactación a través de los martillos para ensayo estándar y modificado, este suelo antes de compactar se le da un porcentaje de humedad.

Después de compactar la capa final, se determina la densidad total del suelo en el molde pesándola. Se desaloja el suelo del molde y se toman dos muestras, se pesan y luego se meten al horno durante aproximadamente 24 horas, después del horno se pesan nuevamente, y así tenemos peso húmedo y peso seco, con lo cual podemos determinar su humedad. Este procedimiento debe realizarse por lo menos cinco veces, solamente varía el porcentaje de humedad que debe doblarse por cada ciclo. Luego trazamos la curva humedad/densidad.

En el presente trabajo de graduación se hizo el ensayo de proctor estándar, debido a que el proctor modificado está referido más a la construcción de carreteras. Por tal motivo se procedió a construir el piso en tres capas compactadas.

Los resultados de los ensayos de compactación se refieren a la materia prima utilizada, es decir el suelo. Además, cuando se encontró la mezcla ideal se realizó un ensayo de compactación, esto para conocer la humedad óptima de la mezcla (tabla XII).

Tabla XII. Resultado del ensayo de compactación proctor estándar

Tipo de suelo descripción	Procedencia	Densidad seca máxima (Kg/m ³)	Humedad óptima (%)
Arena pómez limosa color café claro	Villa Nueva	1179.667	33.20
Arena pómez limosa color blanca	Jutiapa	1051.615	25.00
Mezcla de arena pómez limosa color café claro y cal hidratada (5:1/2)	Villa Nueva	1163.660	21.00

4.2 Ensayo de flexión sobre muestra de piso

Al actuar fuerzas sobre un piso en forma tal que indican compresión en una parte de la sección transversal y tensión en la restante, se dice que está bajo efectos de flexión.

La flexión en un pavimento, también se produce por efecto de momentos o pares de fuerzas resultantes de la acción de cargas excéntricas que actúan paralelamente al eje longitudinal de la pieza considerada.

Los ensayos de flexión se efectúan para determinar

- La resistencia y rigidez a flexión de las baldosas.
- Evaluar el comportamiento real de baldosas a escala natural bajo la acción de cargas flexionantes.

El método consiste en aplicar una carga concentrada al centro de la luz de una probeta que descansa sobre dos apoyos hasta que se produce la rotura de la muestra (figuras 12 y 13).

Figura 12. Aplicación de carga concentrada al centro de la luz de una probeta de piso



Figura 13. Probeta al momento de la falla producida por flexión



Factores que pueden afectar el ensayo de flexión en pisos

- La estructura interna y composición del material del piso
- Presencia de grietas y defectos superficiales
- La presencia de cambios de sección del piso
- Los tipos de apoyos
- La irregularidad que existe entre la superficie del piso y la máquina universal
- Temperatura a la que se hace el ensayo

Entre las ecuaciones relevantes para realizar los ensayos de flexión sobre pisos se tiene

$$S = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times g^2}$$

S = Módulo de ruptura Kg-cm²

P = Carga aplicada Kg

L = Luz cm

b = Base o ancho del piso cm

g = Grosor o altura del piso cm

$$M = \frac{P \times L}{4}$$

M = Momento Kg-cm

P = Carga aplicada Kg

L = Luz cm

4.3 Ensayo de impacto sobre muestra de piso

La magnitud de la carga aplicada lentamente y que produce el mismo esfuerzo que la carga súbitamente aplicada o de impacto, se llama carga estática equivalente. (5-14).

Los ensayos de impacto se hacen sobre los pisos, porque la resistencia al impacto va a depender de factores distintos a los que controlan la resistencia a carga estática. Con el ensayo de impacto podemos conocer la capacidad de deformación instantánea sin causar la falla.

Otro objetivo por el cual se realiza una prueba de impacto sobre piso, es para determinar si una baldosa es capaz de resistir los posibles golpes que sufrirá una vez instalada en la obra.

El método consiste en dejar caer una masa sobre la baldosa repetidas veces aumentando la altura de caída de la masa en centímetros hasta que se produce la rotura de la baldosa (figuras 14 y 15).

Figura 14. Aparato para realizar ensayo de impacto sobre la baldosa de piso



Figura 15. Probeta al momento de la falla producida por el impacto



Factores que pueden afectar el ensayo de impacto en pisos

- La estructura interna y composición del material del piso
- Presencia de grietas y defectos superficiales
- La presencia de cambios de sección del piso
- El tipo de apoyo
- La velocidad del cuerpo que causa el impacto
- Temperatura a la que se hace el ensayo

Para llevar a cabo el ensayo de impacto es necesario usar un dispositivo descrito por la norma ASTM D3-18. un peso de 2 Kg se deja caer libremente de distintas alturas, hasta que el piso falle, para luego hacer la lectura de la última altura a la cual falló la pieza.

La ecuación usada en este tipo de ensayos puede ser la ecuación de la energía cinética que es capaz de disipar el piso.

$$E = WH$$

E = Energía cinética Kg-cm

W = Peso de la masa Kg

H = Distancia vertical que la masa recorre al caer cm

4.4 Ensayo de absorción en espécimen de piso

La absorción se puede definir como la cantidad de agua capaz de ser tomada por un piso después de 24 horas de inmersión y es expresada como un porcentaje del peso seco del mismo.

El método utilizado es simple, primero se mete la pieza al agua, luego de 24 horas se pesa (figura 16). Después se mete en el horno a 100 o 110 °C hasta obtener un peso constante, se anota el peso seco y se calcula la absorción.

Figura 16. Proceso de pesar el espécimen en estado seco, listo para ser sumergido en agua



Factores que pueden afectar el ensayo de absorción en pisos

- La porosidad interna y composición del material del piso
- La cantidad de materiales permeables en la mezcla
- La pérdida de volumen del piso cuando se transporta del agua o del horno hacia la balanza
- La precisión de la balanza

La ecuación usada para el ensayo de absorción en piso es:

$$\% = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

% = Porcentaje de absorción

Ph = Peso húmedo del piso

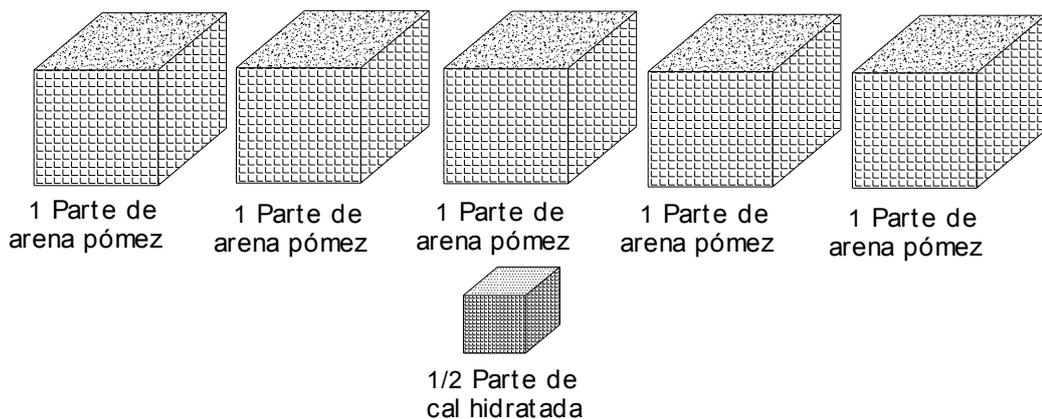
Ps = Peso seco del piso

5. PROPUESTA DE PISO PARA UNA VIVIENDA RURAL

En los capítulos 3 y 4 se realizaron ensayos físico mecánicos, para poder obtener las mejores mezclas y sistemas constructivos, que cumplan con los objetivos de este trabajo, los cuales son economía y durabilidad.

Con base en las pruebas realizadas (tablas VI , VIII y X), es comprobado que el mejor sistema es la construcción de piso monolítico compactado o apisonado. Y la mezcla más económica pero al mismo tiempo eficiente al ser sometida a los esfuerzos que sufren los pisos debido al uso es: 5 partes de arena pómez procedente de Villa Nueva por $\frac{1}{2}$ parte de cal hidratada (figura 17).

Figura 17. Proporciones volumétricas de la propuesta de piso



Este sistema de piso monolítico es construido siguiendo los pasos descritos en capítulos anteriores.

En una vivienda rural, generalmente se cuenta con una superficie de tierra un poco estabilizada. Estas condiciones pueden ser mejoradas, utilizando un piso de tierra cal o si se desea mayor durabilidad se puede tener la opción de piso de suelo cemento compactado, con acabado final.

De esta forma se obtiene un área de estar más agradable y confortable, la cual puede ser duradera y lo más importante que es más económica que el piso de cemento líquido y la torta de cemento.

5.1 Construcción de un sistema monolítico en una vivienda

Con base en la propuesta de piso se procedió a construir un sistema en una vivienda de adobe, la cual tiene 4.08 m. de ancho y 4.26 m. de fondo estas dimensiones son mayores a las que tienen las muestras fabricadas en el presente estudio.

El procedimiento de fabricación es básicamente el que se menciona en el capítulo 3. La mezcla se debe hacer de forma homogénea hasta obtener un color uniforme (figuras 18 y 19), agregándose un 21% de agua para trabajar con la humedad óptima.

Figura 18. Forma correcta de fabricar la mezcla



Figura 19. Mezcla homogénea lista para ser colocada



La capa base del piso debe ser humedecida antes de colocar la capa final, esto se hace con la finalidad de resanar ambas capas y obtener así una correcta adherencia entre capas (figura 20).

Figura 20. Proceso de resanar la capa base



Después de colocada la mezcla, se procede a compactar en tres capas, aplicando aproximadamente 200 golpes por cada metro cuadrado de piso. Las probetas se construyeron con apisonador metálico de 0.15 x 0.15 metros de sección y un peso aproximado de 15 Kg. En el caso de tener un mayor área, se puede trabajar de buena forma, utilizando un apisonador de mayor sección y peso (figura 21), por tal motivo, el número de golpes se puede reducir de manera proporcional, estos procedimientos alternativos, se describen para fines prácticos de construcción.

Figura 21. Apisonador de mayores dimensiones, utilizado para agilizar el proceso de fabricación



La textura del piso puede variar según sea la disponibilidad del propietario, pudiendo ser rústico (figuras 22 y 23), o con un acabado, aplicando una pastina o capa final de acabado (figura 24).

Figura 22. Textura rústica del sistema monolítico



Figura 23. Textura del piso sin acabado final

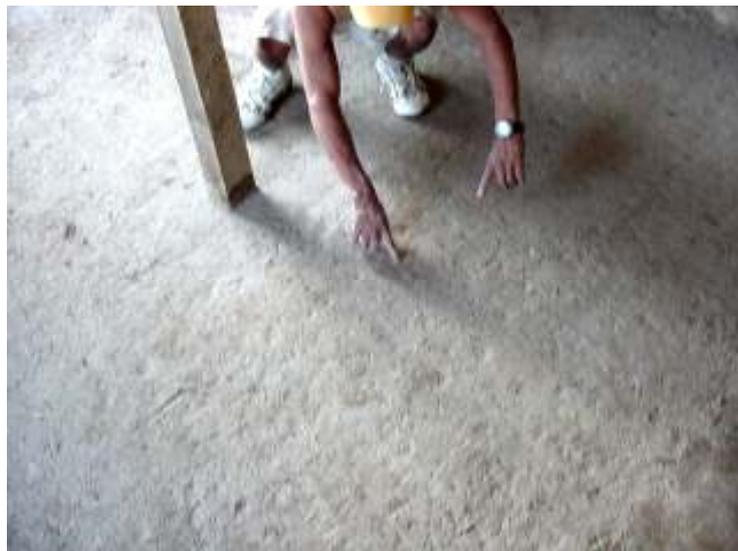


Figura 24. Textura del piso con la aplicación de una capa de pastina como acabado final



Otro aspecto muy importante, y que es necesario volver a mencionarlo, es el proceso de curado del piso, utilizando cualquier método y resanando algunas grietas que se pudieran presentar.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de los ensayos a que fueron sometidas las probetas, dan la opción de analizar las características de los materiales utilizados. En el apéndice A, se detallan los resultados de los ensayos de compactación y granulometría del suelo procedente de Jutiapa y de Villa Nueva.

Los ensayos físico mecánicos (absorción, impacto, flexión) del piso a base de tierra, el piso de suelo cal, y el piso de suelo cemento se encuentran detallados en el apéndice B.

Además, en el apéndice A se presentan los resultados del ensayo de compactación de la mezcla ideal. Estos datos fueron utilizados para proponer un tipo de piso duradero y económico para una vivienda (capítulo 5), también fueron utilizados para la construcción de un sistema de piso monolítico.

Cuando se habla de mezcla ideal se está refiriendo a la mezcla que contiene 5 partes de arena pómez limosa procedente de Villa Nueva, y $\frac{1}{2}$ parte de cal hidratada. El dato del ensayo de proctor de esta mezcla, da una humedad óptima de 21%, con la cual la mezcla al ser compactada alcanzará una densidad seca máxima de 1163.66 Kg/m^3 , siendo la densidad el parámetro para medir la mayor masa dentro de la unidad de volumen del sólido.

Los parámetros físico mecánicos que se mencionan en el apéndice B, de la mezcla ideal, son comparados con la tabla de las especificaciones de ensayos sobre piso de cemento líquido de la norma del F.H.A (tabla XIII).

Tabla XIII. Cuadro comparativo de la mezcla ideal de suelo cal y las especificaciones sobre ensayos de piso de cemento líquido de la norma del F.H.A

Norma del F.H.A	Tipo de piso			
	A	B	C	Piso de suelo cal con mezcla óptima
Resistencia mínima a flexión (Kg/cm ²)	35	25	15	14.86
Altura mínima de fractura por impacto (cm)	18	14	10	29
Absorción de agua en 24 horas (%)	15	20	25	34.72

Donde el tipo de piso se describe a continuación:

- Piso tipo A = piso de lujo, óptima calidad.
- Piso tipo B = piso común, buena calidad.
- Piso tipo C = piso comercial, mediana calidad.
- Piso de suelo cal con mezcla óptima = piso propuesto en el presente trabajo de graduación.

7. COMPARACIÓN DE COSTOS DEL SISTEMA CONSTRUIDO, CON EL PISO MÁS ECONÓMICO EN EL MERCADO

En la actualidad, se puede catalogar como un piso económico, al piso comercial tipo C de cemento líquido, y al piso construido de torta de cemento.

Para fines comparativos, se toma un sistema de piso de cemento líquido de 0.25m. x 0.25m. contra la mejor mezcla, la cual resultó ser por fines económicos la mezcla de 5 partes de arena pómez limosa proveniente de Villa Nueva, con $\frac{1}{2}$ parte de cal hidratada.

Para la cuantificación de los materiales utilizados en la colocación del piso, se tomarán en cuenta todos los detalles de construcción, asimismo los detalles específicos, como se procede a continuación.

Piso de cemento líquido

Material selecto para relleno y nivelación: 1.33 m^3 de material selecto por cada m^3 de relleno.

Mortero para colocado: m^3 de mortero = m^2 de piso x 0.01, sabiendo que 3 carretadas de arena amarilla cernida x 1 bolsa de cal, rinden 20 m^2 de colocación de piso.

Cemento para estucado: 0.125 sacos de cemento por cada m^2 de piso.

El costo de los materiales y la instalación del piso de cemento líquido es de Q 88.69 /m² (tabla XIV).

Tabla XIV. Costo de materiales e instalación del piso de cemento líquido

REGLÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO / m ²
Material selecto para relleno	m ³	Q. 30.00	Q. 1.50
Mortero para colocado	m ³	Q. 260.00	Q. 7.80
Cemento para estucado	Bolsa	Q. 35.00	Q. 4.39
Piso de cemento líquido	Unidad	Q. 2.81	Q 45.00
Mano de obra	m ²	Q. 30.00	Q 30.00
Total	m²		Q 88.69

Piso de suelo cal

Arena pómez para relleno y nivelación: 1.29 m³ de arena pómez por cada m³ de piso.

Madera utilizada como arrastres: 0.3 paralelas de 2" x 2" x 12' para cada m² de piso.

Mezcla: 5 partes de arena pómez limosa x ½ parte de cal hidratada. Para 1 m³ de mezcla, se utilizan 2 bolsas de cal hidratada, y 1.5 m³ de arena pómez. Y sabiendo por la experiencia que 1 m³ de mezcla alcanza para construir 10 m² de piso de 0.05 m. de espesor.

El costo de los materiales utilizados para la fabricación del sistema de piso de suelo cal es de Q 41.33/m² (tabla XV).

Tabla XV. Costo de materiales e instalación del piso de suelo cal

REGLÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO / m ²
Arena pómez para relleno	m ³	Q. 30.00	Q. 3.00
Madera	P-T	Q. 3.25	Q. 3.90
Cal hidratada	Bolsa	Q. 18.00	Q. 3.60
Arena pómez	m ³	Q. 50.00	Q 5.83
Mano de obra	m ²	Q. 25.00	Q 25.00
Total	m²		Q 41.33

Según lo mostrado anteriormente, se tiene una diferencia de Q 47.36 por cada m² de piso, lo cual demuestra la economía que se tiene al trabajar con un piso compactado, hecho a base de tierra. Este piso puede ser aun más económico, si los propietarios de las viviendas son los mismos que construyan el sistema de piso, utilizando madera local y no proveniente de aserradero. Para poder de esta forma agregar mejoras al piso como la adición de una capa de remate lisa y fina, construida con un mortero de 1 parte de cemento x 1 parte de arena de río.

CONCLUSIONES

1. La construcción de un sistema de piso de tierra apisonada es más resistente a los esfuerzos a que será sometido el piso, en comparación con un sistema a base de un mortero el cual ha sido simplemente colocado.
2. Los sistemas que presentaron mejores características físicas y mecánicas fueron el piso de suelo cemento y el piso de suelo cal, siendo este último el que dio una menor resistencia pero el que más se adecua a la propuesta, debido a su reducción de costos en los materiales utilizados.
3. Con base en los ensayos de laboratorio a que fueron sometidas las muestras de piso, se tiene la mezcla ideal de 5 partes de arena pómez procedente de Villa Nueva con $\frac{1}{2}$ parte de cal hidratada, agregando 21% de agua para compactar con 100 golpes por cada metro cuadrado de piso.
4. La construcción de un sistema monolítico en áreas menores a los 20 m² y la construcción de probetas de piso, no difiere en los resultados de laboratorio, dando resultados verídicos, los cuales se pueden utilizar de buena forma en la técnica de construcciones de mayor envergadura tal es el caso de la construcción de un patio, o ambientes mayores.

5. El piso de suelo cal que se propone, se clasifica como un piso de uso comercial de mediana resistencia, es decir clase C.
6. La diferencia de costo entre el piso de tierra cal propuesto y el piso más barato existente, es de Q47.36 por m² por lo tanto da la oportunidad de mejorar el sistema, tal es el caso de la construcción de una pastina como acabado final de la superficie.
7. El piso compactado construido a base de tierra, constituye una alternativa real de mejorar la construcción de viviendas rurales, las cuales cuentan solamente con pisos de tierra.

RECOMENDACIONES

1. Para construir piso en ambientes de gran tamaño, se deberán usar apisonadores grandes para agilizar el proceso de fabricación y no afectar la humedad óptima de la mezcla.
2. En la construcción del sistema monolítico de piso de suelo cal se debe tener el cuidado de agregar el 21% de agua, debido a que un aumento o una reducción en este, redundará de manera proporcional en la resistencia que se pretende alcanzar.
3. Después de fabricada la mezcla ésta debe ser colocada casi en forma inmediata, no se deberá dejar más de 35 minutos en la sombra, debido a la pérdida de agua por evaporación.
4. El suelo para fabricar este tipo de piso, deberá ser de una arena pómez de buena calidad, libre de grandes cantidades de grava y material orgánico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cáceres Arjona, Sergio René. Pisos de bajo costo y su aplicación en viviendas de interés social. Tesis Arquitecto. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 1994. p. 228
2. Gallardo G, Rolando. Pisos y pavimentos de cemento fabricados en Guatemala, en la construcción privada. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1970. p. 78
3. Lopez Oviedo, Armando Amilcar. Guía práctica sobre materiales para pisos usados en Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1967. p. 126
4. Molina Gallardo, Jorge Federico. Evaluación de un sistema de piso de tierra compactada estabilizada para vivienda económica. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986. p. 107
5. Ordoñez, Gabriel y otros. **Manual de laboratorio del curso de materiales de construcción.** Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. p. 98
6. Salazar Corado, David Estuardo. Propuesta de especificaciones y métodos de ensayo para pisos de terrazo fabricados en Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1983. p. 63

APÉNDICE A

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPACTACIÓN PROCTOR
ESTÁNDAR Y ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Figura 25. Densidad seca-humedad relativa de la mezcla ideal



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 260 S.S. O.T. No.: 17978
 Interesado: MARIO GUILFREDO ARGUETA. Carné: 20010870
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O T-180
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION
 Ubicación: Mezcla de suelo de Villa Nueva + Cal Hidratada
 Fecha: 8 de noviembre de 2004



Muestra No.: 2
 Descripción del suelo: Mezcla de arena pomez limosa color café claro y Cal Hidratada (5:1/2)
 Densidad seca máxima γ_{dmax} : 1.165 t/m³ 72.7 lb/ft³
 Humedad óptima H_{op} : 21.0 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo: X

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC



Inga. Flor de María González
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



Figura 26. Densidad seca-humedad relativa del suelo procedente de Villa Nueva



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 258 S.S. O.T. No.: 17978
 Interesado: MARIO GUILFREDO ARGUETA. Carné: 20010870
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACION. Proctor Estándar: () Norma: *
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION
 Ubicación: Paraiso Zona 5, Villa Nueva.
 Fecha: 8 de noviembre de 2004



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Arena pómez limosa color café claro.
 Densidad seca máxima γ_d : 1.181 t/m³ 73.7 lb/pt³
 Humedad óptima Hop.: 33.2 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Francisco Javier Quiñonez
DIRECTOR CI/USAC



Inga. Flor de María González
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Figura 27. Densidad seca-humedad relativa del suelo procedente de Jutiapa



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 256 S.S. O.T. No.: 17882
 Interesado: MARIO GUILFREDO ARGUETA, Carné: 2000-10870
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A'S.T.H.O. T-180
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION
 Ubicación: Río la Paz, aldea El Jute, Jutiapa.
 Fecha: 8 de noviembre de 2004



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Arena pómez limosa color blanca.
 Densidad seca máxima γ_d : 1.081 t/m³ 67.5 lb/ft³
 Humedad óptima H_{op} : 25.0 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC



Inga. Flor de María González Cujal
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Figura 28. Ensayo granulométrico del suelo procedente de Villa Nueva



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 259 S.S.

O.T. No.

17,978

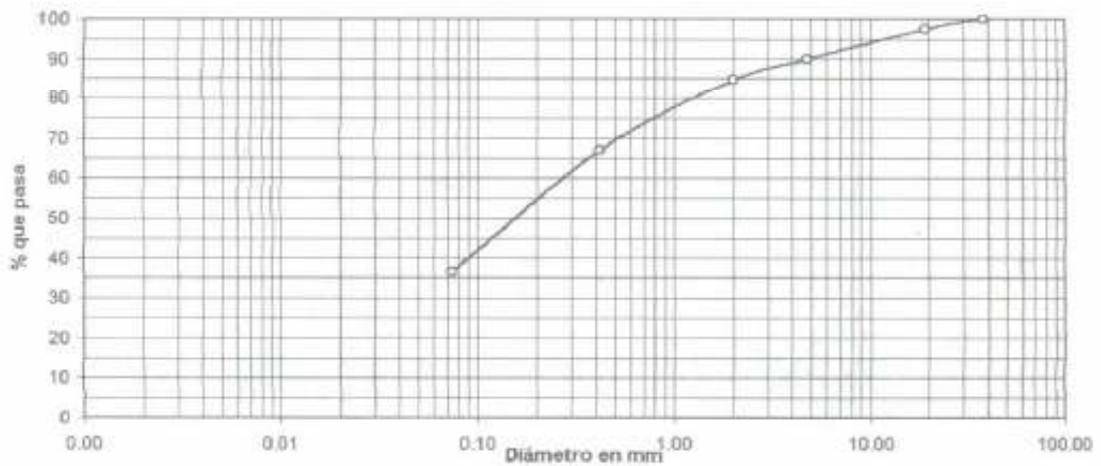
Interesado: MARIO GUILFREDO ARGUETA Carné:20010870
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION
 Procedencia: Paraiso Zona 5, Villa Nueva.
 Fecha: 8 de noviembre de 2004
 Muestra No. 1

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19.05	97.40
4	4.76	90.00
10	2.00	84.60
40	0.42	67.00
200	0.074	36.40

% de Grava: 10.0
 % de Arena: 53.6
 % de Finos: 36.4

Gs:

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm	% que pasa



Descripción del suelo: Arena pómez limosa color café claro.
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. X

Ing. Francisco Javier Quiñones de La Cruz
 DIRECTOR CIUSAC.



Inga. Flor de María González Bujay
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



Figura 29. Ensayo granulométrico del suelo procedente de Jutiapa



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 257 S.S. O.T. No. 17,882

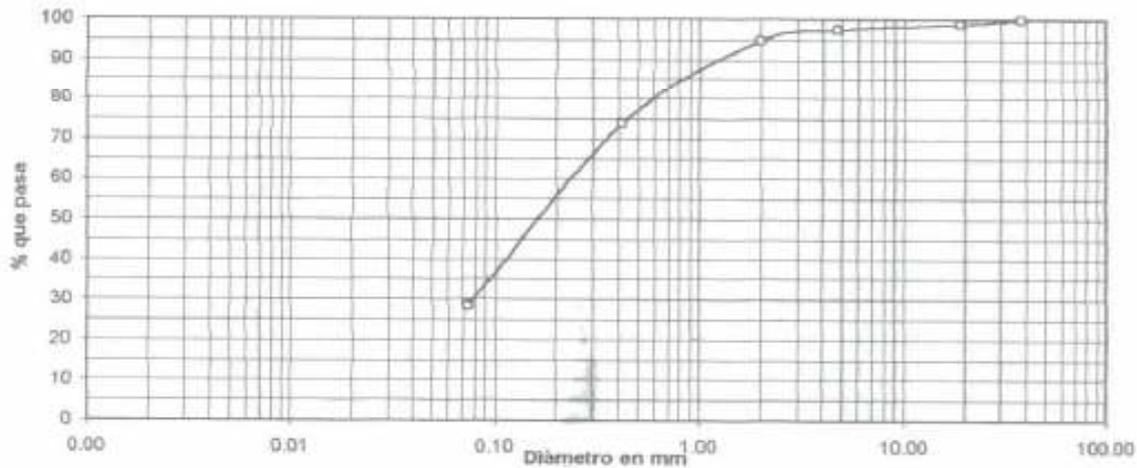
Interesado: MARIO GUILFREDO ARGUETA Carné: 2000-10870
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27
 Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION
 Procedencia: Río La Paz, aldea El Jute, Jutiapa.
 Fecha: 8 de noviembre de 2004
 Muestra No. 1

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19.05	98.77
4	4.76	97.55
10	2.00	94.69
40	0.42	73.87
200	0.074	28.37

% de Grava: 2.5
 % de Arena: 69.2
 % de Finos: 28.4

Gs:

Análisis por Sedimentación:	
Diámet. mm.	% que pasa



Descripción del suelo: Arena pómez limosa color blanca.
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.
 Ing. Francisco Javier Guzmán de La Cruz
 DIRECTOR CIUSAC



Inga. Flor de María González Guzmán
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

APÉNDICE B

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN, IMPACTO Y FLEXIÓN

Tabla XVI. Resultado de ensayos de absorción, impacto y flexión del piso a base de tierra



O.T. No. 17579

INFORME No. 181-M

INTERESADO: MARIO G. ARGUETA M.
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION
ASUNTO: ENSAYO A FLEXION A PROBETAS DE PISO
FECHA: GUATEMALA, 14 DE MAYO DE 2004.

Antecedentes

El estudiante **Mario Wilfredo Argueta Martínez**, con carne **200010870** de la carrera de Ingeniería civil, solicitó a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo a flexión, impacto y absorción a probetas de piso, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis **"PROPUESTA Y EVALUACION DE PISO DE BAJO COSTO A BASE DE TIERRA PARA UNA VIVIENDA RURAL"**

Resultados

Ensayo a flexión

Muestra	Largo cms	Ancho cms	Grosor cms	Peso Kg.	% Absorción	Impacto cm	Modulo de Ruptura kg/cm ²
1 cemento/3arena/1 cal fecha fabricación 15-4-04	27.93	22.76	5.36	5.123	16.42	34	14.58
½ de cal/3 arena/ 1/2 cemento fecha de fabricación 19-4-04	28.00	22.86	5.63	5.715	15.63	19	7.38
1 cal/2 de arena/2 de arcilla (malla galvanizada) fecha de fabricación 20/04/04	27.57	22.86	5.13	4.573	22	*****	0.0834
½ cemento/ 2 arena / 1 ½ arcilla fecha de fabricación 20/04/04	28.2	22.93	5.13	5.168	20	11	1.67
½ cemento / ½ cal/ 3 arena/ 1 arcilla fecha de fabricación 20/04/04	28.03	22.86	5.53	5.270	19.46	12	2.56
½ cemento/ 4 arena/ ½ arcilla fecha de fabricación 21/04/04	27.97	22.83	5.07	4.446	18.43	9	1.43
½ cemento/ 1 cal/ 3 arena/ 3 arcilla fecha de fabricación 21/04/04	27.67	22.93	5.4	4.826	24.47	8	0.400
2 cemento/ 4 arena/ 4 arcilla fecha de fabricación 22/04/04 se le agregó aceite quemado para impermeabilizar el suelo.	27.57	23.0	5.4	5.013	25.72	5	0.4002
2 cemento/ 8 de arena/ 4 de arcilla fecha de fabricación 23/04/04, se le agregó aceite quemado para impermeabilizar el suelo.	28.46	22.73	5.27	5.068	23.07	---	0.530

Observaciones: muestra proporcionada por interesado, la muestra marcada con * tiene falla.

Atentamente,

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Jefe de Metales y Productos
Manufacturados



Vo.Bo.
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR



Tabla XVII. Resultado de ensayos de absorción, impacto y flexión del piso de suelo cemento y suelo cal



INTERESADO: MARIO G. ARGUETA M.
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION
ASUNTO: ENSAYO A FLEXION A PROBETAS DE PISO
FECHA: GUATEMALA, 25 DE OCTUBRE DE 2004.

Antecedentes

El estudiante **Mario Wilfredo Argueta Martínez**, con carne **200010870** de la carrera de Ingeniería civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo a flexión, impacto y absorción a probetas de piso, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis **"PROPUESTA Y EVALUACION DE PISO DE BAJO COSTO A BASE DE TIERRA PARA UNA VIVIENDA RURAL."**

Resultados

Ensayo a flexión

Muestra	Largo cms	Ancho Cms	Grosor cms	Peso Kg.	% Absorción	Impacto cm	Modulo de Ruptura kg/cm ²
5 arena pómez/1 cemento compactación 100 golpes k o/capa 3 capas. Con pastina de 1:1 arena de río cemento arena pómez de villa nueva	28.63	23.50	5.30	6.037	28.65	50.00	27.75
5 arena pómez/1 cemento arena pómez de villa nueva	28.03	23.30	5.43	5.488	32.06	37.00	16.97
5 arena pómez/1 cal arena pómez villa pómez	28.80	23.23	5.57	5.597	35.50	35.00	11.55
5 arena pómez/1 ½ de cal arena pómez villa nueva	28.73	23.10	5.40	5.358	36.03	31.00	12.36
5 arena pómez / ½ cemento arena pómez de villa nueva	28.40	23.37	5.13	5.504	39.53	35.00	12.18
5 arena pómez/1/2 cal arena pómez de villa nueva	27.90	23.06	6.050	6.050	34.72	29.00	14.86
5 arena pómez, 1 ½ cemento arena pómez villa nueva	28.77	23.46	5.50	5.929	31.61	28.00	18.77
5 arena pómez, 1 cal con pastina 1:1 arena de río y cemento arena pómez villa nueva	28.60	22.56	5.60	6.142	34.56	33.00	23.92
5 arena ½ de cal	28.40	23.56	5.63	4.484	40.17	17.00	1.43
5 arena 1 de cal	28.40	23.66	5.33	4.291	40.60	20.00	1.24
5 arena 1 de cal, acabado final de 1 arena x 1 cemento	28.13	22.77	6.63	5.954	32.05	17.00	3.01
5 de arena de 1 ½ de cal	* 28.33	23.76	4.36	3.204	42.22	22.30	1.11
5 arena 1 de cemento	28.50	23.36	5.73	5.683	30.63	32.00	8.06
5 arena 1 de cemento	28.73	23.23	5.10	5.160	28.78	28.00	13.01
5 arena 1 de cemento con pastina 1 de arena 1 de cemento	28.53	23.50	6.57	6.630	27.89	44.00	14.01
5 de arena 1 ½ de cemento	28.27	23.47	5.56	5.065	25.09	69.00	28.71

Nota: *falla lateral

Observaciones: muestra proporcionada por interesado, la muestra marcada con * tiene falla .

Atentamente,

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Jefe de Metales y Productos
Manufacturados

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñones de la Cruz

