



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERIA



CAMPUS I

**DISEÑO DE LOSA ALIGERADA CON MATERIAL
POLIESTIRENO APLICADA A LA CONTRUCCIÓN**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

MAESTRIA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN

Presenta:

FRANCISCO ZEA ESTRADA C111119

Director de tesis:

DR. LEOPOLDO HERNANDEZ VALENCIA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Diciembre 2022



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
30 de noviembre del 2022
Oficio No. F.I.01.2112/2022

**C. FRANCISCO ZEA ESTRADA
ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA
CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN
PRESENTE.**

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

**"DISEÑO DE LOSA ALIGERADA CON MATERIAL POLIESTIRENO APLICADA A LA
CONSTRUCCIÓN".**

CERTIFICO el VOTO APROBATORIO emitido por este jurado, y autorizo la impresión de dicho trabajo para que sea sustentado en su Examen Profesional para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"**

**DR. JOSÉ ALONSO FIGUEROA GALLEGO
ENCARGADO DE DIRECCIÓN**



~~Cop. Dra. Daisy Escobar Castillejos, Coordinadora de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNACH.
Archivo Electrónico
JAF/GIDE/ctopg~~



Código: FO-113-09-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) FRANCISCO ZEA ESTRADA
Autor (a) de la tesis bajo el título de "DISEÑO DE LOSA ALIGERADA CON MATERIAL POLIESTIRENO APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN"

presentada y aprobada en el año 20 22 como requisito para obtener el título o grado de MAESTRO EN INGENIERIA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 30 días del mes de NOV del año 20 22.


FRANCISCO ZEA ESTRADA
Nombre y firma del Tesista o Tesistas

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, le agradezco a Dios por ser el quien guie mi vida y permitir estar en donde estoy, por darme una gran familia y sobre todo porque me permite sonreír en este logro.

A mis padres, por estar conmigo en todo camino acompañándome en los momentos y situaciones de mi vida, por su apoyo incondicional durante este tiempo, por enseñarme buenos valores y verdadera responsabilidad del estudio, gracias por tanto amor, los amo.

A mis hermanos, por ser pieza fundamental en mí, por estar siempre a mi lado enseñándome día tras día. Gracias.

Al Dr. Francisco Alberto Alonso Farrera, por ser quien me dio la oportunidad de desarrollar este tema, gracias por la enseñanza y paciencia dedicada durante este tiempo.

A mi familia por esta siempre presente en los grandes logros, que, como nieto, sobrino y tío he podido alcanzar.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACION	9
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.2 IMPACTO POTENCIAL.....	10
1.2.1 Propuesta de muros.....	11
1.2.2 Propuesta para la utilización de losas con poliestireno como sustituto del agregado grueso.....	13
2. ANTECEDENTES.....	15
2.1 CONCRETO LIGERO	15
2.2 VIVIENDAS MODULARES.....	16
2.3 LOSA ALIGERADA.....	19
3. CONCRETO LIGERO.....	20
3.1 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO LIGERO.....	20
3.2 VENTAJAS.....	21
3.3 TIPOS DE CONCRETO LIGERO	22
3.3.1 Concreto sin finos.....	22
3.3.2 Concreto parcialmente compactado con agregados ligeros	22
3.3.3. Concreto para estructuras con agregados ligeros	23
3.3.4. Concreto aireado.....	23
3.3.5. Concreto ligero a base de poliestireno expandido	24
3.4.1. Aislamiento térmico.....	25
3.4.2. Protección contra el fuego	26

3.4.3. Durabilidad.....	26
3.4.4. Absorción de agua.....	27
3.4.5. Penetración de la lluvia.....	27
3.4.6. Propiedades acústicas	28
3.5 APLICACIONES.....	28
3.6 MATERIALES RECICLABLES.....	29
3.7 VIVIENDAS MODULARES.....	32
3.7.1 Características.....	34
3.7.2 Ventajas.....	35
3.7.3 Desventajas.....	36
3.8 LOSAS ALIGERADAS.....	36
3.8.1 Losas reticulares.....	37
3.8.2 Losas aligeradas a base de vigueta y bovedilla.....	38
3.9 FUNCIONES.....	40
3.9.1 Función Arquitectónica.....	40
3.9.2. Función Estructural.....	40
3.9.3. Elementos de una losa aligerada.....	40
4. TIPOS DE MUROS PREFABRICADOS.....	41
Tabla roca Dimensiones.....	41
4.1 TIPOS DE TABLAROCA EXISTENTES.....	42
5. METODOLOGIA.....	47
5.1 Dosificación de diseño de mezcla.....	47
5.2 Elaboración y ensayos de cilindros.....	47

5.2.1 Ensayos a compresión.....	50
5.3 Diseño, elaboración y ensayo de paneles	51
5.4 PRUEBAS Y DESCARGAS DE LOSAS	56
7. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	65
8. CONCLUSIONES	70
<i>Bibliografía</i>	0

1. INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo en la industria de la construcción desde la época de la revolución industrial siguiendo una línea de construcciones sustentables; nos encontramos en la necesidad de aprovechar al máximo todos nuestros recursos. Esta afirmación nos lleva al desarrollo de nuestra investigación, con la cual se pretende aprovechar más las características del poliestireno expandido o EPS (expanded polystyrene foam) por sus siglas en inglés. En el sector de la construcción, tanto en la edificación como en las obras de ingeniería civil, se encuentran numerosas aplicaciones del EPS. Placas y paneles de aislamiento termo-acústico, casetones y bovedillas para forjados, moldes de encofrado, elementos decorativos interiores, etc. Esta extensa presencia se debe a las extraordinarias cualidades y propiedades de este material entre las que destacan su elevada capacidad de aislamiento térmico, su ligereza, sus propiedades de resistencia mecánica, su adecuado comportamiento frente al agua y resistencia a la difusión del vapor de agua y, en comparación con otros materiales, su versatilidad en forma y prestaciones que se concretan en una amplia gama. Es fácil notar como el uso del EPS en nuestro medio no es nuevo, sin embargo lo que se pretende con este estudio es implementarlo como un agregado que proporcione una mayor ligereza a las estructuras y al mismo tiempo reducir los desechos que el EPS produce; existen diversos artículos donde se describen como se ha intentado hacer esto, con resultados no muy satisfactorios desde el punto de vista de la resistencia, por esta razón el objeto de estudio se centrará en la creación de una mezcla capaz de alcanzar resistencias de al menos 200 Kg/cm² con una reducción significativa del peso volumétrico y, demostrar su factibilidad como agregado sin comprometer la integridad del concreto a elaborar. EL EPS ha sido utilizado antes como agregado al concreto (Kan & Demirboga 2009a), misma investigación donde se señalan los puntos débiles al adicionarlo; debido a sus pobres características como agregado se recomienda no utilizarlo. Por otro lado (Kan & Demirboga 2009b) nos expone una alternativa al uso del EPS como agregado, mejorando sus características con un tratamiento previo a su utilización; al material obtenido de este tratamiento se le dio el nombre de MEPS (Modified Expanded Polystyrene foams), los resultados conseguidos mostraron una mejora significativa en el comportamiento del concreto con algunos problemas para el manejo del mismo. Lo anterior llevó a

enfocar los esfuerzos de la investigación en la obtención de una mezcla de concreto con resistencias a compresión simple aceptables, con respecto a las normas vigentes.

CAPITULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es este proyecto de investigación se propuso diseñar mezclas de concreto aligerado con poliestireno expandido reciclado (EPS) buscando los modelos más óptimos para los paneles a construir. Se comenzó realizando una recolección de deshecho de EPS en cualquier presentación o forma y se realizó un proceso de molido mediante diversos métodos, encontrando el licuado como la mejor opción.

Se recolectarán retazos de poliestireno expandido (desechos de construcciones en Chiapas) son los que se realizaran MEPS, trozándolos y exponiéndolos a altas temperaturas por un determinado tiempo para permitirles alcanzar una mayor resistencia.

OBJETIVO GENERAL:

Estudiar una losa con peso inferior a la de una tradicional utilizando agregados livianos reciclados, amigable con el medio ambiente, con buenos resultados de resistencia y costos para satisfacer a la sociedad.

OBJETIVO ESPECIFICO:

- Diseñar una losa aligerada con fines de uso a la construcción.
- Cuantificar mediante ensayos de carga las resistencias máximas y deformaciones.
- Proporcionamiento adecuado de poliestireno para su manipulación en obra.
- Comparar este tipo de losas con otras existentes en el mercado evaluando resistencia, costos y peso propio.

1.2 IMPACTO POTENCIAL

La utilización del poliestireno modificado mediante tratamientos térmicos (MEPS) como sustitución de agregado grueso en diferentes cantidades para la fabricación de especímenes de concreto, serán capaces de soportar cargas mínimas a compresión descritas en reglamentos, y proporcionar un comportamiento adecuado, además de lograr una disminución significativa del peso de los especímenes.

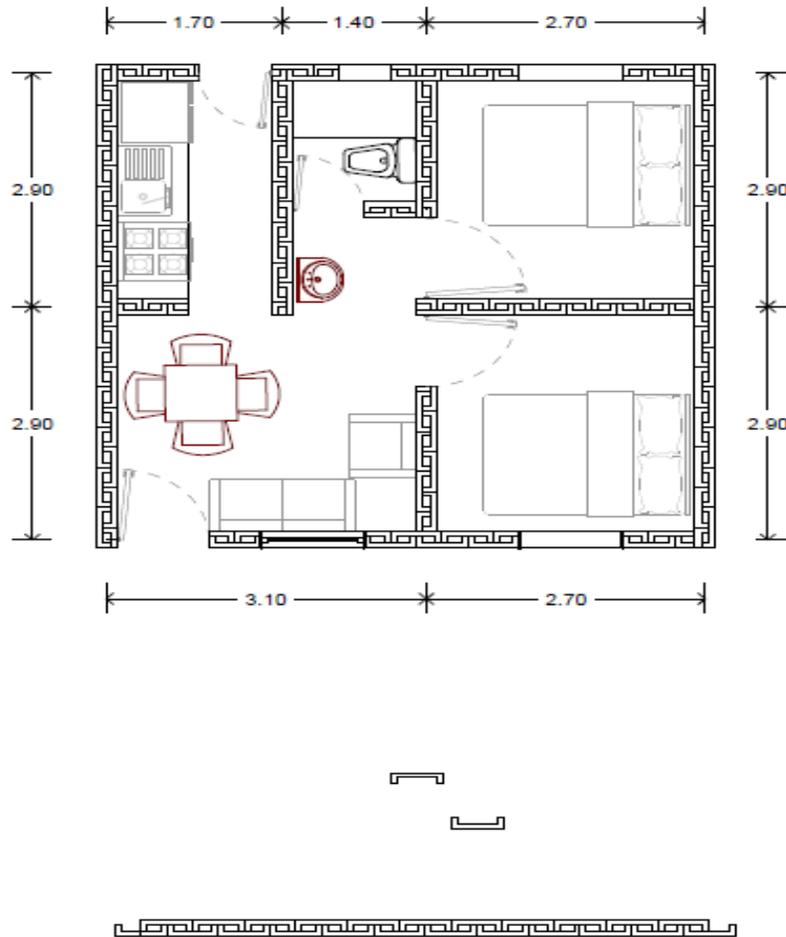


Figura 1.2.- PLANO DE CASA-HABITACION

1.2.1 Propuesta de muros

Muros (concreto ligero) a base de poliestireno

Dentro de este tipo de soluciones estructurales, recientemente se han propuesto los sistemas a base de paneles de malla, y en la mezcla de concreto sustituir la grava por el poliestireno. Estos sistemas, aunque no está prohibido su uso por la normatividad actual tampoco existen recomendaciones o reglamentos para su diseño y construcción dentro de cualquier tipo de edificación. En este trabajo se representan los resultados de un estudio experimental. El objetivo principal del estudio es obtener información sobre el comportamiento de este tipo de muros, y compararlo con el de muros de mampostería tradicional. Además, se trata de identificar los niveles de comportamiento límite admisible para los modelos para establecer bases racionales para el proceso de diseño de estructuras con este tipo de muros.

El resultado que se llegó con el muro a base de la mezcla con el poliestireno es tener un concreto muy ligero. Su ligereza y resistencia le permitirá aumentar la productividad de los instaladores ya que es más fácil de transportar, manejar e instalar a base de ensambles de cada panel, además es resistente a la humedad y puede ser utilizada en baños cocinas, cuartos de lavadora y otras áreas expuestas a salpicaduras o vapor ocasionales. Este tipo de muro además que es muy resistente a altas temperaturas también es muy térmico, y no permite el paso del fuego del otro lado del muro.

El propósito de este proyecto es que además de ser un concreto muy ligero y fácil de instalarse, es hacer una campaña de reciclaje de poliestireno para ayudar con el cuidado del medio ambiente, ya que muchas fábricas utilizan el poliestireno y en vez de que los desechen es mejor hacerles entrar en razón a reciclarlos.

Una vez reciclado el proceso de trituración es de manera muy fácil y eficaz, porque se puede hacer a base de una licuadora o un molino de mano. Pensando a futuro implementar alguna especie de trituración para que sea mucho más fácil y así poder triturar de un fuerte volumen de poliestireno.



Figura 1 Carga máxima soportada de la losa.

1.2.2 Propuesta para la utilización de losas con poliestireno como sustituto del agregado grueso.

La innovación tecnológica abarca aspectos como las mejoras en los procesos, los productos y en los servicios, orientados en estas mejoras es que tenemos por finalidad proponer sistemas innovadores de losas de entrepiso más ligeros que el sistema de losas tradicionales actualmente usada por el sector de la construcción.

Es por esta razón que realizamos un estudio para determinar las diferencias entre las losas aligeradas y las de uso común.

Ante un mercado tan exigente y competitivo, es conveniente realizar un análisis de las tendencias del uso de losas de entresijos prefabricadas y un diagnóstico de la evaluación costo y tiempo comparándolas con las losas del sistema tradicional, de esta manera podemos optar por una mejor alternativa de losa de entresijos de acuerdo al tipo de obra y sus condiciones.

En este análisis, se demuestra que no siempre se toma una alternativa por su menor costo sino también por otras ventajas como el tiempo, la calidad del producto, accesibilidad a la zona de trabajo, procesos constructivos seguros, reducción de gastos generales, etc.

Buscar alternativas de innovación tecnológica en la industria de la construcción actualmente se hace necesario para obtener ventajas competitivas en el mercado, es por ello que en la actualidad se viene trabajando cada vez más con elementos que no dañen el medio ambiente.

Nuestro objetivo es presentar propuestas de polietileno como sustituto del agregado grueso con el fin de aligerar el peso de las losas dándoles características y propiedades nuevas a los elementos de la construcción con el fin de tener una alternativa más conveniente con optimización de ahorro en tiempo y costo.

Tomando de referencia obras de edificaciones ejecutadas de hospitales y edificaciones de centros comerciales, nos hemos orientado a investigar la

aplicación de losas de casa- habitación, siendo estas obras las más realizadas en el campo laboral debido a su corto plazo.

Las losas de entrepiso aligeradas se consideran como uno de los elementos más usados en la construcción. Ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas de los sistemas convencionales que se han mantenido hasta la actualidad que forman parte de la cultura del sector construcción, presentamos una aplicación que ayude para la toma de decisiones entre un sistema y otro.



Figura 1.2.1.- PANEL.

2. ANTECEDENTES

2.1 CONCRETO LIGERO

El concreto ligero se utilizó a finales del siglo XIX en los Estados Unidos, Inglaterra y en muchos otros lugares, en la forma de concreto con agregado de hulla. Es sabido también que los romanos usaron frecuentemente una forma de concreto ligero en sus construcciones; tal es el caso de la cúpula de 44 metros de diámetro del Panteón, en Roma, construida en el siglo II d.C. la cual se compone en gran parte de un concreto colado en obra, a base de agregado de piedra pómez.

En los Estados Unidos se utilizó un concreto con agregados de arcilla expandida en la construcción de barcos durante la primera guerra mundial, así también como en la fabricación de bloques del mismo material, los cuales ha sido empleado continuamente en ese país desde los primeros años de la década de los veinte, hasta la fecha. Sin embargo, aparte de algunas actividades aisladas durante la guerra, en la construcción de barcos, no fue sino hasta 1950 cuando por primera vez en la gran Bretaña se utilizó formalmente el concreto a base de arcilla expandida.

A mediados de la década de los treinta, la escoria espumosa de los altos hornos se introdujo a Inglaterra y desde entonces, se ha utilizado mucho como agregado de peso ligero. Antes de esto, se había empleado en algunas ocasiones la piedra pómez natural, pero después de la segunda guerra mundial su uso se vio disminuido.

Antes de la segunda guerra mundial, el concreto a base de agregados ligeros se utilizaba en el reino unido principalmente en la fabricación de bloques para muros que no fueran de carga. Más tarde, debido en gran parte a la mejor calidad del concreto, obtenido con el uso de escorias espumosas como agregado, el concreto ligero se pudo utilizar también para elementos de carga. Con la experiencia obtenida posteriormente, el concreto de agregados ligeros ha sido utilizado más recientemente para elementos estructurales de concreto reforzado y en algunos casos también para elementos de concreto pretensado. Al principio solo se disponía de dos tipos de agregados ligeros, en la actualidad ese número se ha rebasado por bastante.

Debido a la dificultad que conlleva definir al concreto ligero, podemos decir que este tipo de concreto fue conocido durante años como aquel cuya densidad superficialmente seca no fuese mayor a 1600 kg/m³. Por otra parte, con la creciente introducción de miembros estructurales de concreto reforzado con agregados de peso ligero, la densidad límite tuvo que ser ajustada, ya que algunas de las mezclas de concreto hecho para este propósito, a menudo han resultado en concretos cuya densidad es de unos 1840 kg/m³ o mayores en algunos casos. Es de notarse que aún se trata de un concreto ligero, dado que se encuentra todavía bastante más ligero que el concreto común, el cual por lo regular pesa entre los 2400 y 2560 kg/m³.

Es importante conocer el porque es deseable o necesario tener un concreto ligero. Para ello es preciso analizar previamente sus propiedades características en relación a las de los concretos convencionales de grava y arena. (1510)

2.2 VIVIENDAS MODULARES

Antes de la revolución industrial, la construcción de viviendas prefabricadas era algo inaudito y casi imposible. Sin embargo, como la maquinaria se hizo cada vez más y más sofisticada, también lo hicieron los elementos que las líneas de montaje eran capaces de producir: Y las casas se convirtieron en uno de esos artículos.

El primer desarrollo importante en la historia de la casa prefabricada fue la Casa Manning portátil, diseñada en Inglaterra para ayudar la implantación de viviendas en la colonia de Australia. Para 1837, la Casa de Manning portátil se había convertido en una empresa exitosa de casas prefabricadas, con varios modelos disponibles para su envío a las colonias inglesas en todo el mundo.

De 1908 a 1940, la edición de cada año del catálogo de Sears Roebuck ofrecía casas prefabricadas para la venta en una asombrosa variedad de estilos y tamaños. Desde una casa de vacaciones hasta una residencia multifamiliar, se podía pedir, preparar y entregar, todo ello sin salir de casa. Desde la casa más simple hasta una mansión. Casi cualquier tipo de hogar imaginable podía ser encargado a través de Sears Roebuck and Co. (Wright y Gropius: 1911-1931) (HISTORIA DE LAS CASAS MODULARES, 2015)

Frank Lloyd Wright fue el primer arquitecto importante en probar suerte con la casa prefabricada. A partir de 1911, Wright comenzó a diseñar casas que podrían construirse en módulos en una fábrica y ser ensamblados en el lugar de destino final de la casa, por lo que las viviendas serían más asequibles mediante la reducción de los costes laborales. Estas casas llevaban el sello inconfundible de la visión de Wright, diferenciándose de los hogares ofrecidos en el catálogo de Sears Roebuck and Co. (Fig.2.2.1)



Figura 2.2.1.- CASA FAWCETT, OBRA DE LLOYD WRIGHT

Otro arquitecto, Walter Gropius, tuvo una idea similar. En Weimar, Alemania, Gropius trabajó en varias viviendas prefabricadas diferentes para resolver los problemas de la escasez de viviendas durante la posguerra en Alemania. Modernas, casi Art-Deco en el diseño, las casas de Gropius (Fig.2.2.2) influyeron no sólo en el desarrollo y diseño de casas prefabricadas, sino en toda la arquitectura de los años venideros.



Fig.2.2.2.- Casa Gropius. 1938

Durante la Gran Depresión la preocupación de las estadounidenses por una vivienda asequible aumentó. El diseño de elementos prefabricados para el hogar ganó interés en todo el país, tanto a través de catálogos de pedidos por correo como otros medios.

El diseño de casas prefabricadas también comenzó a expandirse. Se utilizaron nuevos materiales, como el vidrio de la casa Kecky y el hierro en las Casas de acero Stran.

Las casas prefabricadas de metal, desarrolladas durante la Segunda Guerra Mundial para atender las necesidades de vivienda rápida, reconocibles por su cobertizo, hicieron más daño que beneficio a la reputación de las casas prefabricadas.

La decadencia: 1945-1990

A pesar de que distinguidos arquitectos como Wright, Fuller, Buckminster y Marcel Breuer trabajaron en casas prefabricadas entre los años 1930 y 1940, a finales de la Segunda Guerra Mundial, la era de las casas prefabricadas parecía haber terminado. La nueva clase media acomodada en Estados Unidos perdió el interés, en su mayor parte, en estas viviendas de bajo costo.

Una excepción notable fue la casa Lustron. Al igual que en los hogares de acero Stran de la década de 1930, la casa Lustron fue construida con paneles metálicos. Disponible en varias configuraciones diferentes, Lustron construyó alrededor de 3.000 viviendas entre 1947 y 1950, cuando la empresa dejó de producir.

Aunque la construcción tuvo muchas señales de viviendas prefabricadas a partir de 1950, incluyendo el uso de la construcción modular, a partir de 1950, la casa prefabricada se convirtió en sinónimo de casas móviles (HISTORIA DE LAS CASAS MODULARES, 2015)

2.3 LOSA ALIGERADA

El sistema estructural para losas aligeradas que se pretende proteger por medio de esta patente participa parcialmente de algunas de las variantes ya mencionadas, pero sus dos novedades principales.

Está formada por concreto y acero en sus secciones estructurales, pero también por aligerantes como el barro block, casetones, poliuretano, etc. Es similar al de una losa nervada, pero en este caso los materiales quedan ahogados o embebidos en la losa, y por el acabado final no se ven. Se utiliza cimbra completa debajo de la losa. Las viguetas que utiliza el sistema de losas constituyen funcionalmente el refuerzo por flexión de la losa y eliminan la necesidad de colocar dicho refuerzo de varilla, y a la vez sirven de sustentación para los elementos aligerantes o bovedillas antes del fraguado del concreto.

Los aligerantes son de espuma de poliestireno, los cuales quedan colocados en forma prácticamente continua, ya que el ancho del alma de las viguetas es despreciable, con lo que se tiene una capa continua de aislante (poliestireno) sin brechas que permitan flujo calórico entre las dos caras de las losas, como ocurre con los sistemas de losas aligeradas existentes actualmente, ya que las

nervaduras o bovedillas, tienen un ancho significativo y forman inevitablemente las mencionadas brechas de flujo calórico.

La peculiaridad de lograr un aislamiento continuo integral en la losa es una característica exclusiva de este sistema. (Weebly, 2015)

3. CONCRETO LIGERO

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO LIGERO

La característica más evidente del concreto ligero es por su puesto, su densidad, la cual es siempre considerablemente menor que la densidad del concreto ordinario y con frecuencia, solo una fracción de la misma.

Una característica menos clara, pero no menos importante del concreto ligero es la conductividad térmica relativamente baja que posee, propiedad que mejora a razón de la disminución en su densidad. Debido a la importancia en la reducción de energía para los sistemas de calefacción en los edificios, la ventaja del concreto ligero respecto a su conductividad térmica es un aspecto a considerar.

En vista de la dificultad para definirlo, el concreto ligero fue conocido durante muchos años como un concreto cuya densidad superficialmente seca no es mayor a 1,800kg/m³. Por otra parte, con la aplicación en miembros estructurales de concreto reforzado con agregados de peso ligero, la densidad límite tuvo que ser revisada, ya que algunas muestras de concreto hechas para este propósito a menudo daban concretos de densidad (superficialmente secos) de 1,840 kg/m³, o mayores. Esto, sin embargo, es aún concreto ligero dado que resulta todavía bastante más ligero que el concreto común, que usualmente pesa entre los 2,400 y 2,500kg/m³. El concreto ligero se ha utilizado por más de 50 años. Su resistencia es proporcional a su peso, y su resistencia al desgaste por la acción atmosférica es casi como la del concreto ordinario. Con respecto al concreto de arena y la grava tiene ciertas ventajas y desventajas. Sus ventajas están en los ahorros en acero estructural y en los tamaños disminuidos de la cimentación debido a cargas disminuidas y una resistencia y un aislamiento mejores contra el fuego, el calor y sonido. Sus desventajas incluyen un mayor costo (30 a 50 por ciento); la necesidad de más cuidado en la colocación; la mayor porosidad y su mayor contracción por secado.

Los concretos ligeros son concretos de densidades menores a las de los concretos normales hechos con agregados comunes. La disminución de la densidad de estos concretos se produce por una presencia de vacíos en el agregado, en el mortero o entre las partículas de agregado grueso. Esta presencia de vacíos ocasiona la disminución de la resistencia del concreto, por lo que muchas veces la resistencia no es la condición predominante para los concretos, y en otros casos se compensa. En construcciones de concreto, el peso propio de la estructura representa una proporción importante en la carga total de la estructura por lo que reducir la densidad del mismo resulta beneficioso. Así se reduce la carga muerta, con la consiguiente reducción del tamaño de los distintos elementos estructurales, llegando a los cimientos y al suelo con menores cargas. Básicamente el uso de concretos ligeros depende de las consideraciones económicas.

Para analizar el concreto ligero o celular se estudian previamente sus propiedades y características, en relación a las de aquellos concretos tradicionales. La característica más evidente es su densidad, la cual es considerablemente menor que la del concreto normal y con frecuencia solo implica una fracción de la misma. (IMCYC, 2016)

3.2 VENTAJAS

Las ventajas de tener materiales con baja densidad son muy numerosas, por ejemplo, la reducción de cargas muertas, mayor rapidez de construcción, menores costos de transporte y acarreo.

El peso que gravita sobre la cimentación de una construcción, es un factor muy importante en el diseño del mismo, especialmente hoy en día que la tendencia es a la construcción de edificios cada vez más altos.

El uso de concreto ligero ha hecho posible, en algunas ocasiones, llevar a cabo diseños que de otra manera hubiese sido imposibles de realizar, debido a las consideraciones de peso. En estructuras reticulares los marcos deben llevar las cargas de pisos y muros; en estos elementos se pueden lograr considerables ahorros en su costo si se emplean losas de entrepiso, muros divisorios y acabados exteriores a base de concreto ligero.

De modo experimental y mayormente en la industria que el uso de concreto ligero en las construcciones, se logran menores tiempos de ejecución en las obras que al emplear materiales convencionales.

3.3 TIPOS DE CONCRETO LIGERO

3.3.1 Concreto sin finos

Este tipo de concretos es usado principalmente para muros, tanto exteriores como interiores, de carga o solamente divisorios, ya sea en casas o en edificios. Los requisitos necesarios para el diseño de la mezcla son tales que deben hacer que el concreto a los 28 días alcance una resistencia a la compresión de por lo menos 28 kg/cm².

A diferencia del concreto ordinario, al concreto si finos es sumamente sensible al contenido de agua. La cantidad correcta de agua para una mezcla de concreto de este tipo en particular, se juzga por la apariencia de la misma. Cada partícula de agregado deberá quedar cubierta con una película brillante de lechada de cemento, de manera que se produzca una especie de “destellos metálicos”. En el caso de que se use una cantidad insuficiente de agua, se experimenta una pérdida de cohesión entre las partículas y por lo tanto una consecuente pérdida de resistencia del concreto; por otra parte, si se utiliza demasiada agua, las películas de concreto se escurrirán de los agregados y se segregarán formando capas de lechada, que dejan a la estructura del concreto deficiente de cemento y a consecuencia, más débil.

3.3.2 Concreto parcialmente compactado con agregados ligeros

Hay dos usos principales para este tipo de concreto:

1. En bloques de concreto pre colado o tableros.
2. Para techos y muros colados in situ con fines de aislamiento.

Los requisitos principales para este tipo de concreto son tales que deberá tener una resistencia adecuada, una baja densidad (para tener el mejor aislamiento

térmico), y además una baja contracción por secado, con el fin de evitar agrietamientos.

Estos factores quedan a disposición del tipo de agregado que se utilice. A las proporciones de la mezcla, al grado de compactación, además del procedimiento de curado que se emplee.

El concreto parcialmente compactado con agregados ligeros, es usado principalmente en la fabricación de bloques pre colados de concreto.

3.3.3. Concreto para estructuras con agregados ligeros

Este tipo de concreto ligero difiere de los otros tres tipos considerados anteriormente, en que se hace en un estado completamente compactado similar al concreto reforzado común que se produce con agregados naturales densos. Esto es necesario por el hecho de que se va a usar junto al acero de refuerzo y es indispensable que exista una buena adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto, y que, al mismo tiempo, este lo proteja en forma adecuada de la corrosión.

3.3.4. Concreto aireado

El concreto aireado se usa de dos formas; en unidades pre coladas y el concreto colocado en obra. Las unidades pre coladas, que incluyen a los bloques de construcción, son usualmente curados con vapor a alta presión; el material colocado en obra es necesariamente curado al aire. De acuerdo a lo anterior se nota que entre ambos casos existe una gran diferencia importante, ya que, debido a este curado con vapor a alta presión (usualmente llamado “Curado de autoclave”) es posible obtener un material realmente ligero con características de resistencia y contracción por secado bastante aceptables.

Consiste básicamente en un mortero que ha sido aireado en forma adecuada. Existen dos métodos diferentes para lograr esta aireación; el primero consiste en que, por medio de una reacción química, se puede generar un gas dentro de la mezcla cuando esta se encuentra todavía en un estado plástico; y el segundo, en que se puede introducir burbujas de aire mezclando el concreto con una espuma

estable, o bien injertando partículas de aire por medio de un agente incluso del mismo.

3.3.5. Concreto ligero a base de poliestireno expandido

De los tipos de concreto que existen, es preciso ubicar nuestro concreto ligero. De acuerdo a las características que cada uno de ellos es notable que el concreto con agregado de poliestireno expandido forma parte del tipo de concreto aireado.

Es preciso abundar en las propiedades y características del concreto aireado para tener una idea más clara de los posibles resultados que tendremos en cuanto a nuestro concreto con agregado de poliestireno expandido. A continuación, damos profundidad respecto a las propiedades y características del concreto aireado, así como las semejanzas que posee respecto a nuestro concreto ligero.

En la fabricación comercial de concreto ligero aireado siempre contiene una proporción considerable de material silicosis en la forma de polvo de sílice, cenizas de combustible pulverizado, esquistos quemados y molidos, o escorias de altos hornos molidas. Tales ingredientes silicosis funcionan como parte del relleno y en

A las ventajas de este material ocasionadas por la reducción en su peso, deberán añadirse las de baja conductividad térmica. En la actualidad, tanto en edificios industriales como en habitacionales, la exigencia moderna en cuanto a calefacción se refiere y el costo incrementado de las energías, han cambiado la situación, existiendo ahora la preocupación cada vez mayor de utilizar eficientemente la energía en ellos. Esto puede lograrse de dos formas; mejorando los equipos de calefacción y mejorando los aislamientos térmicos. El concreto de peso ligero en general, y en particular el concreto aireado, proporcionan de muy buena forma este aislamiento mejorado. Ningún otro material estructural, además de la madera, proporcionan un aislamiento térmico de magnitud tan grande.

3.4.1. Aislamiento térmico

El aislamiento térmico puede considerarse como el coeficiente de resistencia a la transmisión de calor.

Las diferencias tanto en la densidad aparente de los concretos, como en su conductividad térmica efectiva, radica en sus respectivas porosidades. En otras palabras, los espacios llenos de aire no aumentan el peso del concreto, mientras que la conductividad total de un concreto poroso es la resultante de la conductividad térmica de la estructura de silicatos más la del aire que se encuentra contenido en ellos.

Es por lo anterior que la conductividad térmica se relaciona con la densidad aparente. Se relaciona con la radiación, convección y conducción combinadas, de manera que no resulta conveniente medir individualmente todos estos factores para cada caso. Se ha encontrado, sin embargo, que cuando la cavidad o hueco tienen un ancho mayor que 19 mm, la resistencia queda más o menos independiente del ancho, de manera que para las oquedades convencionales de 51 mm de ancho la resistencia se puede tomar constante, siendo su valor aceptado el de 10.

Había quedado implícito al principio que el objeto de tener un aislamiento térmico mejorado es el de economizar energía y mantener el calor. El hecho de proveer aislamiento térmico no es solo cuestión de comodidad, siempre se presenta una condensación sobre las caras internas de los techos y en los cuerpos de los materiales absorbentes de construcción durante la época de frío, a menos que se cuente con un aislamiento adecuado. Esto, de algún modo puede originar la corrosión del refuerzo donde este exista; por otra parte, la humedad reduce más aun la capacidad de aislamiento de los materiales.

3.4.2. Protección contra el fuego

Hasta el momento se he discutido el aislamiento térmico del concreto ligero principalmente en términos de la retención de calor dentro del edificio. Otra aplicación del aislamiento térmico es la protección de las estructuras contra el daño causado contra el fuego.

Los materiales se clasifican en combustibles y no combustibles, siendo los primeros aquellos materiales que una vez encendidos contribuyen a la intensidad del fuego produciendo calor, mientras que los segundos no lo hacen.

3.4.3. Durabilidad

Se puede definir como la habilidad de un material para resistir los efectos de todos los agentes del medio que lo rodean. En un material de construcción esto se puede interpretar como los ataques químicos, los esfuerzos físicos y las acometidas

El esfuerzo físico a los cuales se encuentra expuesto el concreto ligero, son principalmente la congelación, la contracción, y los esfuerzos por temperatura.

Los esfuerzos pueden también deberse a la contracción por secado de concreto, o a movimientos térmicos diferenciales entre materiales de diferente clase o bien otros fenómenos de naturaleza semejante la contracción por secado origina por lo común el agrietamiento del concreto ligero si no se toman las precauciones adecuadas.

Los daños mecánicos pueden resultar en la abrasión o de los impactos, pero pueden también provenir de una carga excesiva en miembros de flexión.

Los grados más livianos del concreto aireado son relativamente suaves y por ello quedaran sometidos a alguna abrasión o desgaste si por alguna otra causa no han sido protegidos con aplanados.

Esto mismo puede conducir a daños por impactos en edificios terminados, aunque el riesgo principal en este tipo de daños se tiene cuando se manejan las unidades antes o durante la erección de edificio.

Evitar el daño por sobrecarga no es un hecho específico en el concreto ligero; en todo caso sería un problema de diseño.

Un aspecto de la durabilidad, que, sin llegar a ser una propiedad del material en sí, es sin embargo de gran importancia, es el descostado del concreto ligero como resultado de la corrosión del acero en las unidades reforzadas.

3.4.4. Absorción de agua

Los concretos ligeros, especialmente aquellos utilizados en bloques, son algo porosos y, por lo tanto, tienen una mayor absorción de agua que los concretos ordinarios. Esto no se considera de gran importancia en la práctica, puesto que el concreto ligero que se expone a la intemperie generalmente no se usa sin una capa protectora adecuada. Relativamente rápido, la absorción alta de agua por el agregado puede ser una desventaja.

3.4.5. Penetración de la lluvia

Una función esencial de las paredes es la habilidad para excluir el agua de lluvia. Donde se utilicen muros huecos, el problema de la penetración de la lluvia difícilmente surge, pero existen diversas formas de construcción donde se emplean muros simples y es entonces cuando la resistencia a dejar pasar el agua de lluvia adquiere importancia.

Es importante anotar que cuando una pared permite el paso del agua de lluvia a través de ella, la penetración ocurre raramente por medio del cuerpo del concreto, sino que se produce a través de las grietas capilares que se tienen en las juntas. Mientras más impermeable es un concreto, mayor es el riesgo de que la humedad se efectúe por esas grietas. Siendo el concreto ligero más poroso en general, si se le usa con el espesor necesario y si se le protege con un aplanado también poroso, producirá buenos resultados a la penetración de la lluvia, aun y cuando se utilice en una sola capa.

3.4.6. Propiedades acústicas

Los ruidos molestos se pueden evitar por la represión del sonido en su fuente de origen o aislándolo donde se ha creado. El creciente uso de aparatos que promueven la aparición de sonidos, a menudo excluye la supresión del ruido como medida contra el aturdimiento, mientras que la tendencia al acercamiento más próximo de las habitaciones separadas en las zonas más populosas, hacen no solo más necesario el aislamiento del ruido, sino también, lo convierten en un aspecto más difícil de cubrir.

El aislamiento del ruido es más que el simple hecho de proveer una barrera aislante tal como una pared divisoria, por el hecho de que el ruido se transmite en muchas formas distintas a la transferencia a través de una membrana.

Al tratar sobre las propiedades acústicas de los materiales de construcción debe anotarse que no existe un solo valor de aislamiento que sea válido para todo el límite de frecuencia audible.

(Propiedades funcionales del concreto celular, 2015)

3.5 APLICACIONES

El uso del concreto ligero ha hecho posible, en algunas ocasiones, llevar a cabo diseños que en otra forma hubieran tenido que abandonarse por razones de peso. En estructuras reticulares, los marcos deben llevar las cargas de pisos y muros. En ellos se pueden lograr considerables ahorros en su costo si se utilizan losas de entrepiso, muros divisorios y acabados exteriores a base de concreto ligero o celular. Desde el punto de vista de la sustentabilidad, este material induce al ahorro de materiales y en consecuencia al ahorro de energía y materia prima en la producción de material de construcción. En ese orden de ideas también contribuye por sus cualidades de aislamiento térmico al ahorro de energía para el acondicionamiento de la temperatura al interior de la vivienda o edificación. (Huerta, 2016)

3.6 MATERIALES RECICLABLES

A partir de los 70's en España se empezó a utilizar los concretos reforzados con adiciones, de forma particular las fibras en campos muy diversos que van desde pavimentaciones, tableros de puentes, revestimiento de túneles, prefabricados de concreto etc. Dichas fibras sintéticas de elevadas prestaciones derivadas de polímeros ligeros como el polietileno, polipropileno, nylon, etc. tiene su aplicación fundamental en la reducción de grietas y a un mejor comportamiento mecánico del concreto.

En los últimos años se han logrado grandes avances en la tecnología del concreto, así mismo en cuanto al propio concreto como material de construcción. Se han recurrido al uso de materiales prefabricados como lo son fibras de distinta naturaleza que por consiguiente aumentan considerablemente el comportamiento mecánico del concreto y en consecuencia una mayor resistencia a los esfuerzos por flexión.

El crecimiento poblacional que ha venido desarrollando la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, tiene como resultado la necesidad de vialidades y de la modernización de las mismas. Durante las últimas fechas se han presentado problemas serios tanto en el aumento del tráfico urbano como en el deterioro de las vialidades, y como se ha mencionado en líneas anteriores, de todos los esfuerzos a los que está sometido el pavimento de concreto hidráulico, los esfuerzos de flexión son los más importantes a considerar en el desempeño del mismo.

Esta problemática también se observa en otros elementos como losas de entepiso o azotea, diseñadas para trabajar a flexión, pero que por su peralte, esbeltez, longitud, peso propio y cargas vivas, así como otro tipo de sollicitaciones distintas a las consideradas o no previstas en su diseño pueden presentar este problema, que como bien sabemos, se puede contrarrestar el problema incrementando cantidades de acero (previo análisis y diseño) en nuevos elementos estructurales pero que esto redundaría en un incremento sustancial en el costo de los mismos.

Derivado de lo anterior, se pretenden emplear diversos materiales de tipo natural y producto del reciclaje, entre los que destacan: el aserrín, barras de plástico,

cascarón de huevo, escombros de losas de concreto, granzón grava, granzón en polvo, llanta trituradas y sus residuos, maíz molido, plástico triturado (PET) en diferentes cantidades, entre otros, que al igual que los ya mencionados, los encontramos en nuestro entorno y son de uso común, o bien otros pueden ser producto del reciclaje de la basura que a diario se produce o de tipo experimental, y así mismo, no podemos descartar los materiales de tipo natural que podemos encontrar en nuestra región, y que muchos de ellos por su abundancia podemos disponer fácilmente para su uso.

Por lo que se busca que los diversos materiales mencionados con anterioridad, adicionados al concreto proporcionen un incremento a dicha propiedad y por ende un mejor desempeño ante sus efectos, producidas por diversas solicitaciones al elemento estructural en estudio, y así mismo evitar el uso de materiales prefabricados de venta en el mercado (fibras de polipropileno, de vidrio, de acero etc.) que en muchas ocasiones, son de difícil existencia en el mercado y sobre todo, lo más importante, causan un aumento en el costo al concreto y en consecuencia en el presupuesto destinado a las obras.

Tomando en cuenta que debido al desarrollo de políticas sobre protección del medio ambiente a nivel internacional y la adopción de sistemas para la sostenibilidad de la construcción, se plantea como idea principal el reto del reciclado de muchos desechos y con ello evitar y/o disminuir el uso de adiciones prefabricadas de venta en el mercado para el fin propuesto, ya que dichas adiciones tienen que elaborarse mediante procesos químicos e industriales y sobre todo marcan considerablemente un aumento en el costo respecto del concreto convencional.

Al desarrollar la presente investigación se propone la implementación de diversos materiales no convencionales, de tipo natural, producto del reciclaje y otros tipos de adiciones de carácter experimental, que puedan proporcionar un aumento en la resistencia a flexión en el concreto, y por ende a los pavimentos de concreto hidráulico, elementos que para el caso particular de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez presentan con más frecuencia este problema debido a la deficiencia en su composición, teniendo su génesis dicha problemática en la contracción por secado, propiedad inherente e inevitable del concreto para lo cual es necesario el acero de refuerzo. El incremento en sus cantidades previo al análisis y diseño

correspondiente en estos elementos se concibe en parte como una solución al problema, pero los considerables aumentos en costos lo complican.

También es importante señalar que para los fines de esta investigación no se tomarán en cuenta las propiedades físicas y químicas de los materiales que serán utilizados como adiciones al concreto, ya que serán propuestas en líneas de investigación que se realicen a futuro, previa comparación de los resultados obtenidos de los materiales con mejor desempeño.

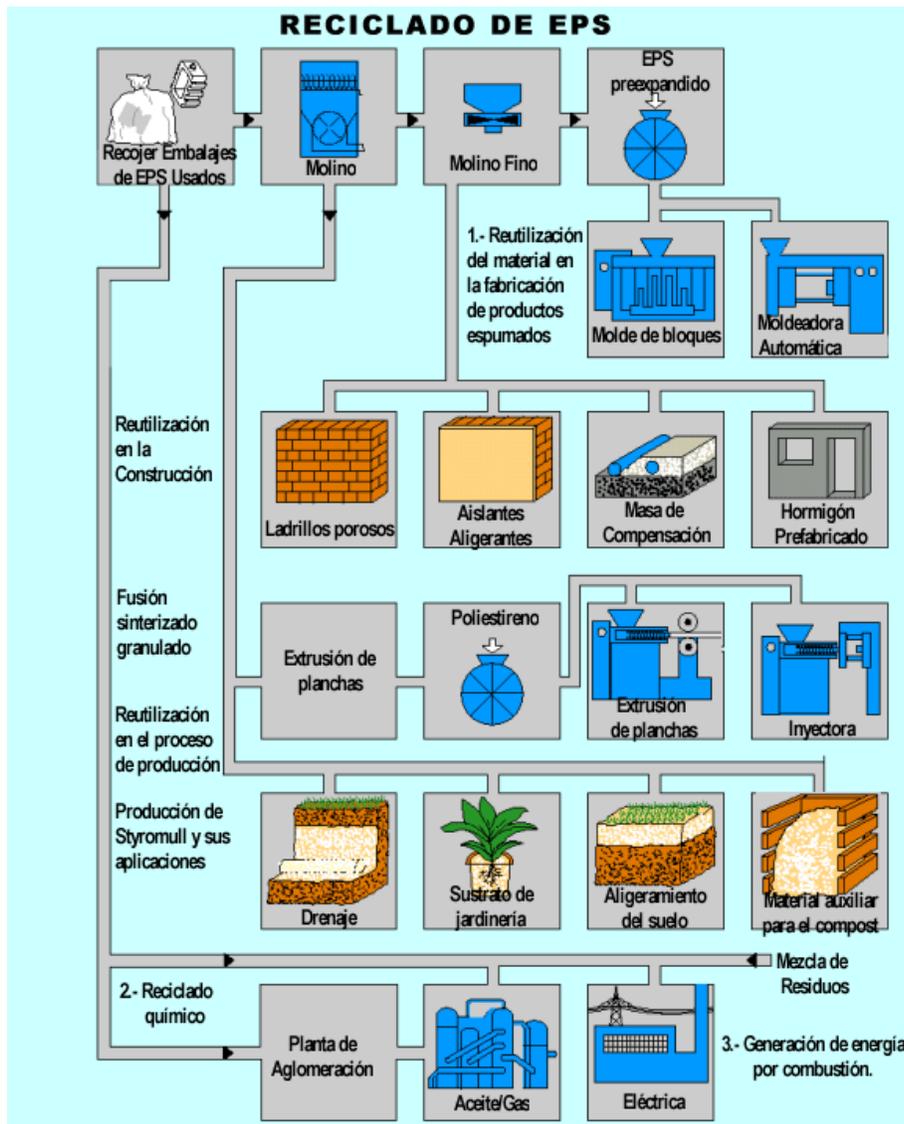


Figura 3.6

3.7 VIVIENDAS MODULARES

Se refiere a las partes de edificios ya construidos en diversas industrias pueden ser de diferentes materiales como el hormigón, concreto, metal y madera, según el uso que se le va a dar. Esto, aunque parezca una manera poco eficiente de creación de edificios, reduce el costo y permite que la construcción del edificio se realice de la manera más rápida y eficiente. También reduce de manera considerable el daño ambiental, pues no se crea ruido, y los desechos en la creación de los bloques es merma, que puede ser reutilizable.

Este método actúa como pequeños bloques-LEGO, que son acomodados, de acuerdo a la orden requerida, permite construcciones en dos o tres meses, con mayor durabilidad, y menor conductividad térmica. Haciendo de estos edificios más eficientes y duraderos.

El bloque ya terminado y diseñado para embonar con todos demás bloques, es transportado desde la industria y llevado por medios marítimos y terrestres, estos vienen apilados en serie y asegurados para que no existan problemas al llegar a su destino.

Los edificios prefabricados pueden ser espacios habitables o de almacenaje, entre otras diversas funciones. Cubren diversas necesidades y ya que fueron diseñados por medio de bloques pueden combinarse con otros módulos u otras construcciones si se requiere de mayor espacio o si las necesidades de espacio aumentan. Además, el uso de materiales que no requieran grandes cantidades de consumo energético para su elaboración, evitando pesos exagerados, para no ser como los viejos edificios de concreto y varillas de miles de toneladas que se utilizaron en los últimos 30 años y regresar a un estilo más ligero y manejable. Hay una técnica moderna que consiste en tomar el hormigón armado y pretensarlo para que sea mucho más fino y liviano; gracias a ello ahorramos una gran cantidad de material.

Los resultados revelaron que el medio ambiente, los recursos económicos y de construcción en la utilización de las tecnologías de prefabricación son significativos en comparación con los métodos convencionales de construcción, aunque todavía hay un gran campo para la evolución. Esto implica que un mayor

uso de las técnicas de prefabricación puede contribuir a la industrialización de viviendas sostenibles y la construcción.

Con los edificios prefabricados, por tanto, damos forma a cualquier proyecto personalizado de arquitectura industrializada. Algunos defienden los edificios prefabricados ya que los consideran una solución que acelera el proceso de construcción y reduce costes e impacto ambiental.

Estas viviendas no deben confundirse con las llamadas "casas móviles" (en inglés mobile homes); viviendas ya ensambladas que son transportadas en camiones hasta el lugar donde se instalarán definitivamente.

La definición de vivienda prefabricada puede también llegar a solaparse con las llamadas casas de construcción modular, que son aquellas cuya estructura está formada por marcos metálicos de dimensiones estandarizadas, que son cerrados por paneles que encajan en los huecos. Todas estas estrategias constructivas, que no requieren de morteros ni hormigones, pueden también recibir la definición genérica de "construcciones en seco". (prefabricada, 2016)



Figura 3.7.- CONSTRUCCIONES EN SECO

3.7.1 Características

En poco tiempo se puede decir que las casas modulares han logrado atraer la atención del público por muy diversas razones. Se caracterizan por ofrecer un sistema de construcción sencillo y directo, que no requiere la inversión de tanto tiempo y recursos como una vivienda estandarizada. Estas viviendas modulares pueden constar de tres materiales distintos: madera, metal y hormigón, dependiendo la elección de una variante u otra en base a la situación en la que se encontrará la casa y las necesidades independientes de cada uno de los clientes interesados en su construcción. La particularidad de las casas construidas de manera modular es que son transportables, se pueden construir sin necesidad de permiso de obra, y disponen, de manera obligatoria, de todos los elementos obligatorios en una vivienda. Esto quiere decir que habrá luz y electricidad tal y como si se tratara de una casa tradicional. (digavasa, 2015)



Figura 3.7.1.

3.7.2 Ventajas

El principal incentivo que ofrecen las viviendas modulares es que son casas de fácil transporte, por lo que una familia puede trasladarse de manera sencilla entre distintas regiones si se encuentra con la obligación de hacerlo. Por otro lado, es importante tener en cuenta la ventaja de la escasa inversión que requiere para su construcción. Una casa modular no sólo se construye más rápidamente, debido a la sencillez de los pasos a seguir en la elaboración de una vivienda de este tipo, sino que también requiere unos conocimientos inferiores. Por otro lado, es costumbre que las personas interesadas en vivir en su propia vivienda modular tengan a su elección una gran variedad de modelos de casa y de estilos entre los que seleccionar para buscar la que más encaje en sus características y gustos personales. Además, y no menos importante, estas viviendas se pueden expandir de manera dinámica cuando sea necesario.

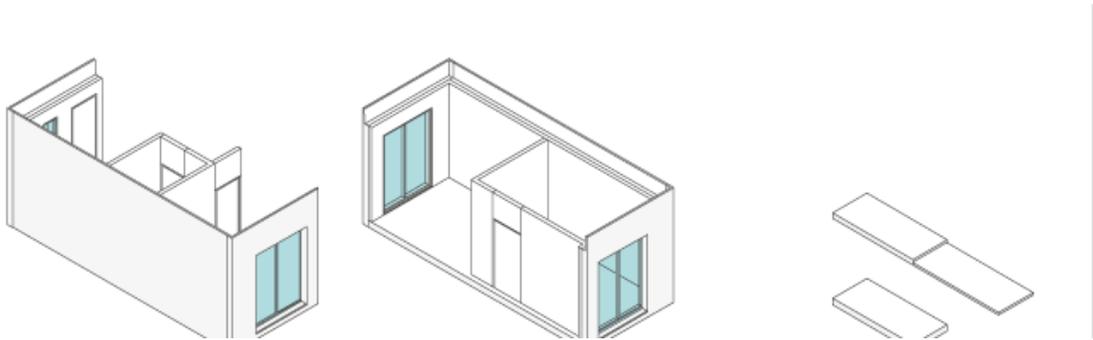


Figura 3.7.2.

3.7.3 Desventajas

Una casa modular nunca da la misma seguridad que una tradicional, especialmente en lo que se refiere a la elevada cantidad de ruido que se filtra desde el exterior. Otra de sus desventajas es lo mal que estas viviendas, salvo excepciones, contrarrestan el impacto del frío exterior, lo que puede hacer que los inviernos sean un poco más duros de lo normal.

3.8 LOSAS ALIGERADAS

Losas aligeradas de concreto son empleadas cuando por las condiciones de carga y los claros que cubrirán, dan por resultado un peralte exagerado para evitar deflexiones excesivas, Las losas aligeradas al ser por diseño más rígidas que las losas macizas o llenas, son perfectas para estas situaciones de carga y apoyo. Se les llama aligeradas porque se les coloca algunas piezas de material más ligero que el concreto, estos materiales pueden bloques de concreto ligero, barro, o incluso de poliestireno, los ya famosos casetones y bovedillas. Esto da como resultado una losa de mayor peralte, pero de un peso mucho menor que si estuviera en su totalidad rellena de concreto.



Figura 3.8.- LOSAS ALIGERADAS

Existen variaciones de este sistema que dan por resultado dos diferentes tipos de losas aligeradas de concreto, ambas funcionan y no se podría decir que una es mejor que otra, solo hay que entender las ventajas y desventajas de cada una de ellas y aprovecharlas.

3.8.1 Losas reticulares

Este sistema consta de pequeñas vigas en ambos sentidos que al entrecruzarse forman una especie de retícula o entramado, que es de donde toman su nombre, el aligeramiento se logra hoy en día a base de bloques de espuma de poliestireno, llamados también casetones, las pequeñas vigas o nervaduras que ya mencione y que se construyen de concreto reforzado, y una capa de compresión en la parte superior de la losa que tiene como función absorber y distribuir los esfuerzos sobre la losa, esta capa se refuerza con malla electro soldada, cuya única función es evitar que esta capa se agriete por la dilatación y contracción del concreto originada por los cambios de temperatura.

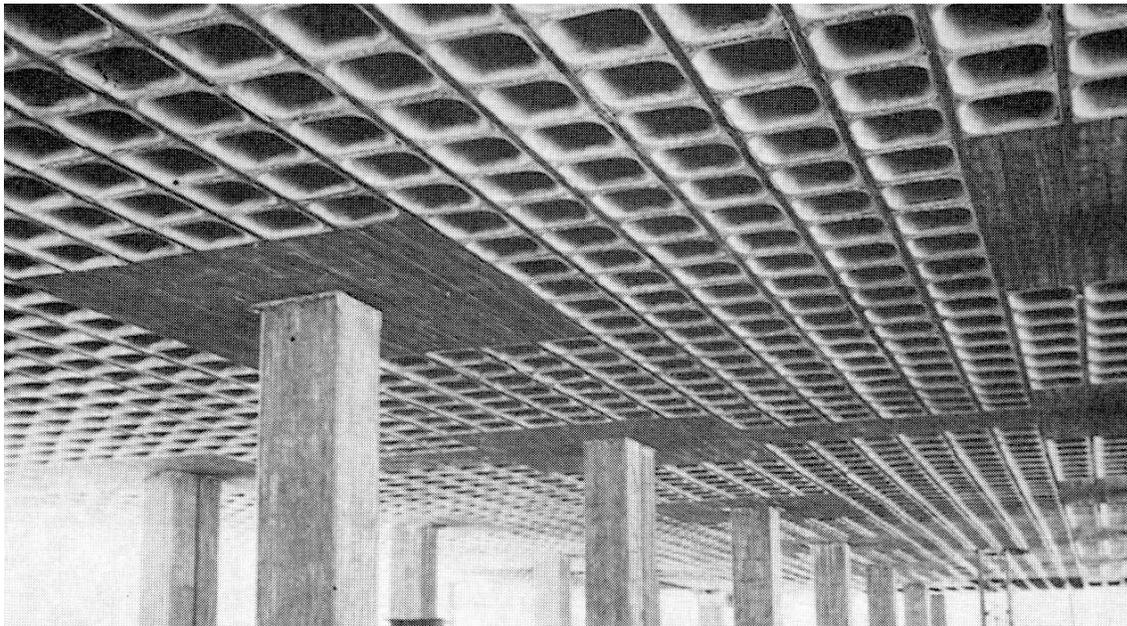


Figura 3.8.1.- LOSAS RETICULARES

Su principal ventaja es que se pueden lograr peraltes muy altos, lo que nos permite salvar claros muy grandes en comparación a una losa maciza tradicional, lo que la vuelve la opción más viable para naves industriales, o en edificios donde se necesiten salvar claros muy grandes entre apoyos de losas.

Su principal desventaja es que requiere de una cimbra tradicional, como una losa maciza, lo que hace que se vuelva una opción cara para usarla en edificaciones con claros pequeños, como una casa habitación, aun así algunos diseñadores las usan en viviendas por motivos arquitectónicos o de estética.

3.8.2 Losas aligeradas a base de vigueta y bovedilla

Este otro sistema en su concepto es muy similar al primero, solo que aquí las vigas se colocan en un solo sentido, no se forman retículas, el aligerado se logra con elementos de espuma de poliestireno, las cuales se conocen con el nombre de bovedillas, tienen una ceja para apoyarse directamente en la base o patín de las viguetas. Las viguetas son prefabricadas y pueden venir coladas completamente, o con el alma abierta, lo cual es mucho mejor ya que garantiza que la losa trabaje monolíticamente, al igual que en caso anterior se les coloca también una capa de compresión de concreto reforzado con una malla electro soldada para evitar grietas por temperatura.



Figura 3.8.2.- LOSAS ALIGERADAS

La principal ventaja de las losas aligeradas a base de vigueta y bovedilla, es que son autosoportables, lo que quiere decir que se elimina la cimbra de contacto, únicamente requieren de un apuntalamiento al centro de los claros, lo que las vuelve mucho más económicas y que puedan construirse mucho más rápido comparado con la losa reticular y la losa maciza, son una excelente opción para edificaciones con claros pequeños, como los de una casa habitación.

Su principal desventaja es que no funcionan muy bien para claros muy grandes, ya que empiezan a requerir viguetas de mucho peralte. Otra desventaja que más bien es funcional, es que a veces hacen ruidos durante el proceso de dilatación y contracción, estos ruidos son provocados por la bovedilla que cruje y como el área de bovedilla es mayor que en una losa reticular estos ruidos son más notorios, pero no representan de ninguna manera una falla estructural.

A muchas personas les parece que las losas aligeradas no son una opción de calidad, ya que les da una falsa impresión de que son resistentes, esto se ve incrementado por el uso de los casetones o bovedillas de espuma de poliestireno, lo cual se nota en sus comentarios de que las casas construidas con estos materiales no sirven o son de poca calidad, la realidad es que estos elementos, los casetones y bovedillas, no contribuyen al desempeño estructural de la losa, su única función es reducir el peso de la misma, evitando que el volumen que ocupan sea llenado con concreto, ya que en estos espacios los esfuerzos que absorbería el concreto son prácticamente de magnitud cero, esto quiere decir que si después de colado y fraguado el concreto retiramos los casetones, la losa se comportaría exactamente igual.

3.9 FUNCIONES

3.9.1 Función Arquitectónica

Separa varios espacios verticales formando los diferentes pisos de una construcción; para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, del calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un lado a otro.

3.9.2. Función Estructural

Las losas o placas deber ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos y revoques.

Además, forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

3.9.3. Elementos de una losa aligerada.

Las losas construidas con este sistema quedan integradas en una sola pieza monolítica por el concreto colado sobre la bovedilla y la vigueta formando la capa de compresión.

4. TIPOS DE MUROS PREFABRICADOS

Tabla roca Dimensiones

La TABLAROCA es un sándwich de yeso entre dos capas de papel cartón reciclado con espesores de 3/8", 1/2", 5/8" o hasta 1 pulgada. Las placas de TABLAROCA más delgadas 3/8" se utilizan para muros curvos.

Las placas de TABLAROCA más gruesas 1/2" o 5/8" se utilizan para reforzar los muros contra la propagación del fuego o para mejorar el aislamiento contra el ruido.

TABLAROCA mide siempre 1.22m (4 pies) de ancho con longitudes de 2.44m (8 pies), 3.05m (10 pies) o sobre pedido en 3.66m (12 pies).

Constructoras pueden ordenar TABLAROCA con otras longitudes para reducir el desperdicio en grandes construcciones como centros comerciales, rascacielos, bodegas, fabricas, hospitales y escuelas.

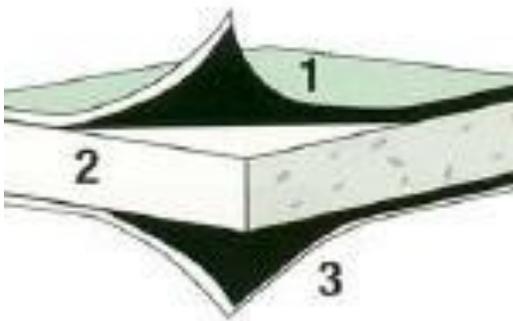


Figura 4.- CAPAS DE MATERIALES FORMANDO TABLA ROCA

4.1 TIPOS DE TABLAROCA EXISTENTES

1.- Tabla roca NBR (Normal Borde Rebajado) para juntas invisibles

La TABLAROCA NBR tiene las orillas biseladas, diseñadas para recibir adhesivo REDIMIX y cinta PERFACINTA en las juntas del muro. Esto se llama “juntera” TABLAROCA. Con TABLAROCA NBR se logra construir una superficie corrida totalmente plana con un mejor terminado a sus muros.

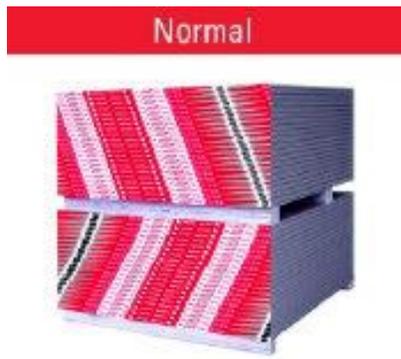


Figura 4.1

Tabla roca NBR



Fig. 4.1.1a (Antes de Juntera)



fig. 4.1.1b (Después de Juntera)

2.- Tabla roca UL (Ultra light) 30% más ligera y 40% más fuerte

El tablero de yeso TABLAROCA Ultra light cuenta con la misma calidad que nuestros tableros TABLAROCA NBR, pero es 30% más ligero y 40% más resistente.

Su ligereza y resistencia le permitirá aumentar la productividad de los instaladores ya que TABLAROCA Ultra light es más fácil de transportar, cortar, manejar e instalar reduciendo las reparaciones por errores causados durante la manipulación e instalación de las placas.

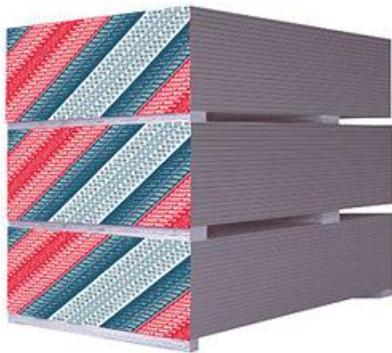


Fig. 4.1.2.- (Tabla roca UL)

3.- Tablaroca WR (Wáter Resistan)

La TABLAROCA WR de color verde es más resistente a la humedad y es utilizada en baños cocinas, cuartos de lavadora y otras áreas expuestas a salpicaduras o vapor ocasionales.

La TABLAROCA WR está recubierta con un papel tratado para retardar la absorción del agua. La TABLAROCA WR está diseñada para aceptar azulejos en la superficie pegados con adhesivos. El núcleo interior de la TABLAROCA WR cuenta con aditivos especiales para combatir el moho y reducir manchas indeseables.

La TABLAROCA WR está diseñada para tener contacto con salpicaduras de agua o vapor y no es recomendada para estar sumergida, expuesta a la lluvia ni en contacto directo con agua o vapor abundante como saunas o cuartos de vapor.



Fig. 4.1.3 (Tabla roca WR / R)

4.- Tabla roca Anti-MOHO

La **TABLAROCA ANTI-MOHO** está diseñado para zonas geográficas con alta concentración de humedad relativa.

La **TABLAROCA ANTI-MOHO** está tratada con potentes inhibidores que combaten los hongos no sólo en la superficie del papel, sino a través del núcleo.

La **TABLAROCA ANTI-MOHO** es recomendada para:

USO RESIDENCIAL baños cocinas, cuartos de lavandería, sótanos y garajes.

USO COMERCIAL baños, cocinas, espacios con calentadores, calderas, saunas, albercas cubiertas, frente al mar, lago o laguna, zonas con ventiladores y/o aire acondicionado.



Fig. 4.1.4.- Tabla roca Anti-MOHO

5.- Tabla roca FC (Fire Code)

La **TABLAROCA FC** Tipo X con núcleo tratado cumple con las especificaciones contra la propagación del fuego descrito en la norma de Estados Unidos para Tablaroca ASTM C1396/C1396M. El yeso de la **TABLAROCA FC** está hecho principalmente de Sulfato de Calcio y agua (CaSO_4 y H_2O). Al exponerse al fuego, el agua se evapora primero sin arder la **TABLAROCA FC**, retardando así la propagación del fuego por varios minutos. Al secarse completamente la **TABLAROCA FC** eventualmente se craquea (desmorona) permitiendo el paso del fuego al otro lado del muro.

Para mantener su efectividad contra el fuego, la **TABLAROCA FC** Tipo X necesita ser instalada sin perforaciones pues estas permiten el paso del fuego aun cuando la **TABLAROCA FC** Tipo X no se haya desmoronado.

Una **TABLAROCA FC** Tipo X más gruesa resiste más tiempo el embate del fuego que otra más delgada. Dos placas de **TABLAROCA FC** Tipo X, instaladas una sobre la otra, también ofrecen mayor resistencia al fuego; en estos casos los empalmes deben estar alternados para ofrecer la mayor resistencia.



Fig. 4.1.5.- (Tablaroca FC Tipo)

6.- Tablaroca Nucleoyeso (extra gruesa)

TABLAROCA Nucleoyeso mide 1 pulgada de espesor con un núcleo de yeso tratado con mayor resistencia al fuego y humedad y forrado con varias capas de papel verde tratado para resistir la penetración de la humedad.

TABLAROCA Nucleoyeso se usa en los muros divisorios para ductos de elevadores y en los sistemas de control de sonido de alto rendimiento.

TABLAROCA Nucleoyeso mide 61 cm de ancho solamente para poder maniobrarla en espacios cerrados. **TABLAROCA Nucleoyeso** requiere de montantes especiales por sus dimensiones especiales.



Fig. 4.1.6.- (Tablaroca Nucleoyeso)

En la construcción generalmente se utilizan las estructuraciones a base de carga de mampostería de tabique y lozas macizas de concreto reforzado, cada vez con mayor frecuencia se observa el uso de sistemas parcialmente prefabricados. El uso de este tipo de solución estructural en muros recientemente se ha contemplado, tanto en regiones de bajo como de alto peligro sísmico.

5. METODOLOGIA

5.1 Dosificación de diseño de mezcla

Los componentes de una mezcla se dosifican de manera que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una manejabilidad apropiada para su vaciado y un bajo costo. Este último factor obliga a la utilización de la mínima cantidad de cemento (el más costoso de los componentes) que asegure unas propiedades adecuadas. Mientras mejor sea la gradación de los agregados, es decir, mientras menor sea el volumen de vacíos, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos. Adicionalmente al agua requerida para la hidratación se necesita agua para humedecer la superficie de los agregados. A medida que se adiciona agua, la plasticidad y la fluidez de la mezcla aumentan (es decir, su manejabilidad mejora), pero su resistencia disminuye debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre. Para reducir el agua libre y mantener la manejabilidad, es necesario agregar cemento; de esta manera, desde el punto de vista de la pasta de cemento, la relación agua-cemento es el factor principal que controla la resistencia del concreto. Para una relación agua-cemento dada se selecciona la mínima cantidad de cemento que asegure la manejabilidad deseada.

5.2 Elaboración y ensayos de cilindros

Las propiedades del concreto están en función del tiempo y de la humedad ambiental. Y es por esta razón que las pruebas del concreto deben efectuarse en condiciones específicas a fin de tener validez. Se pueden llevar a cabo pruebas con objetivo diferentes, pero las dos finalidades principales de las pruebas son el control de calidad y el cumplimiento de las especificaciones.

La mayoría del concreto es comprado y vendido sobre la base de los resultados de las pruebas de resistencia. Por lo tanto, los especímenes para pruebas de resistencia son muy importantes en la industria de la construcción con concreto. En cuanto a los equipos, aparatos e instrumentos menciona y define los siguientes:

- **Moldes cilíndricos verticales:** Los moldes deben ser de lámina metálica gruesa, o de cualquier otro material rígido y no absorbente. Deben estar provistos de una base metálica maquinada; esta debe ser del mismo material que el de las paredes del molde, con planos lisos y con elementos

para sujetarla firmemente al molde.

- Varillas para compactación: Según el tipo de prueba, se especifican dos tamaños de varillas; cada una debe consistir en una barra lisa cilíndrica de acero, cuando menos con un extremo semiesférico, de diámetro igual al de la barra.
- Varilla larga: Una barra lisa de $16\text{mm} \pm 1.5\text{mm}$ de diámetro y $600\text{mm} \pm 30\text{mm}$ de longitud.
- Varilla corta: Una barra lisa de $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$ de diámetro y $300\text{mm} \pm 15\text{mm}$ de longitud.
- Herramienta auxiliar: Se debe contar con palas, recipientes, llanas, enrasadores, cucharones, reglas, guantes, mazo con cabeza de hule y charolas de lámina.
- Revolvedora de concreto: Consiste en un tambor rotatorio de una mezcladora de aspas con eje horizontal o de una mezcladora de aspas con eje vertical, capaz de mezclar las revolturas del tamaño y revenimiento requerido de modo homogéneo.

Una mezcla de concreto se diseña para producir concreto que pueda ser colocado fácilmente al menor costo. El concreto debe ser trabajable y cohesivo cuando está fresco.

Una vez realizado el cálculo y con las proporciones que se obtuvieron, se procedió a realizar la mezcla para la elaboración de los cilindros, vigas y paneles. En primer lugar, se realizó el pesaje con las cantidades requeridas para la elaboración de las probetas, teniendo en cuenta el volumen de concreto que se requiere para su llenado. Las dimensiones por norma de un molde metálico estándar son de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, resaltando entonces un volumen total de 0.0053 m³ por cada probeta, para las vigas las dimensiones son 150 mm de base, 150 mm de altura y 600 mm de longitud. Para efectos de cálculo de cantidades de cada material se multiplica por 2, al ser dos probetas las que se elaboran y se redondea el volumen a 0.011 m³, en la tabla se expone las cantidades a pesar para los especímenes E1, E2 y E3.

Una vez realizado el pesaje de los materiales a emplear se procedió a la elaboración de la mezcla. Este proceso es controlado y se hace con las debidas pautas

señaladas. Las herramientas y materiales a usar deben estar en las condiciones óptimas para uso inmediato. La calibración de las balanzas, la limpieza, lubricación de los moldes y el mantenimiento de la revolvedora son ejemplos de las acciones antes de realizar antes de la elaboración de la mezcla. En cuanto a los materiales, el agregado pétreo debe estar en el rango de diámetros de los granos que comprenden la definición de arena. Estos diámetros son los que se encuentran comprendidos por las mallas de cribado No. 4 y No. 200, además esta debe estar libre de cualquier material orgánico para su correcto desempeño en la mezcla (NEVILLE Y BROOKS, 1988)

Ya dispuestas las herramientas y los materiales, se comenzó a humedecer la olla de la revolvedora con el fin de no alterar la humedad de la mezcla. Posteriormente se vierte la arena, el cemento y por último el poliestireno expandido reciclado. Se realizan ciclos previos al agua para tener una revoltura homogénea de agregados secos y después se hace la inclusión de agua con la revolvedora trabajando.

Para revolver la mezcla, esta se realiza en tres partes, primero se revuelve durante tres minutos y se reposa durante dos minutos, durante el tiempo de reposo se tapa la olla, en este caso con un trapo húmedo, a manera de evitar la pérdida de humedad. Finalmente se retoma el mezclado por dos minutos más.

Al realizar el llenado de cilindros se basa bajo la norma NMX-C-111-ONNCCE-2014. En la figura 5.2 se observa el proceso final de llenado.



Figura 5. 2 Moldeado y enrase de probeta.

5.2.1 Ensayos a compresión

Los cilindros son muestras estándar en los Estados Unidos, Francia, Canadá, Australia y Nueva Zelanda. El cilindro estándar tiene 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, y se prepara en un molde que casi siempre es de acero o de hierro colado, de preferencia con base ajustable mediante prensas.

Las superficies de los extremos del cilindro además de planas han de ser normales al eje, y esta condición determina también que sean paralelas entre sí. El eje de la muestra, una vez colocado en la máquina de prueba, debe aproximarse lo más que se pueda al eje de la platina, pero los errores hasta de 6 mm no afectan la resistencia. En la figura 3.3 se observa el proceso de la aplicación de carga al cilindro de ensaye.

Para realizar esta prueba se apeg a la norma oficial mexicana NMX-C-083 ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes - Método de Ensayo.



Figura 5.2.- Ensayo de especímenes



Figura 5.2.1.- Ensayo a compresión de viga.

5.3 Diseño, elaboración y ensayo de paneles

Actualmente en el mercado existe una amplia gama de marcas que ofrecen diferentes diseños y materiales de paneles prefabricados con las funcionalidades para adecuarse a cada tipo de necesidad del cliente. Si bien es cierto que las funciones, los materiales, propósito, y otras características son muy variadas la mayoría de paneles se agrupan cuando a diseño se refiere. En el caso de los paneles ligeros prefabricados tanto para muro como para losa la mayoría comparte las mismas dimensiones y en esencia la forma de ensamble.

Es por esto que después de hacer un análisis al mercado actual de paneles prefabricados, se llegó a la decisión de diseñar el panel de este proyecto con dimensiones similares o afines a los ya existentes. De esta manera se tomó en cuenta las dimensiones de 1.22 x 2.44 m, que es bastante común en estos prefabricados, pero al tratarse del panel en cuestión de concreto endurecido, aunque este sea ligero su peso aumenta en gran medida a los paneles que solo tienen el alma de poliestireno u otro material y están envueltos por malla electrosoldada. Por lo tanto, se redujeron las dimensiones y se definió un panel

de 1.20 m de largo, 0.50 m de ancho y 0.05 m de espesor en el centro del panel y sus extremos de .10 m de espesor. Todo esto buscando como ventaja una facilidad en el manejo para su uso e instalación. Figura 5.3 prototipo de muro.

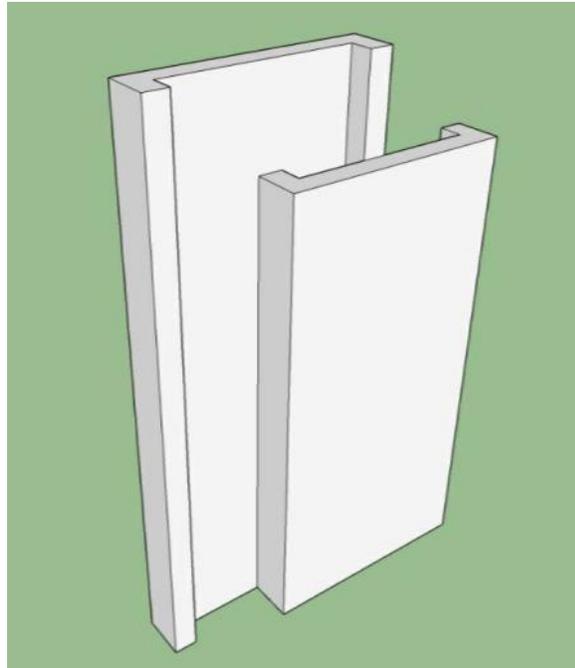


Figura 5.3 Prototipo de muro.

En la figura 5.3.1 se muestra el diseño del panel de concreto aligerado con EPS reciclado, cuenta además con una malla hexagonal que atraviesa su espesor justo por la mitad, de esta forma se logra reforzar el concreto en caso de alguna fisura.

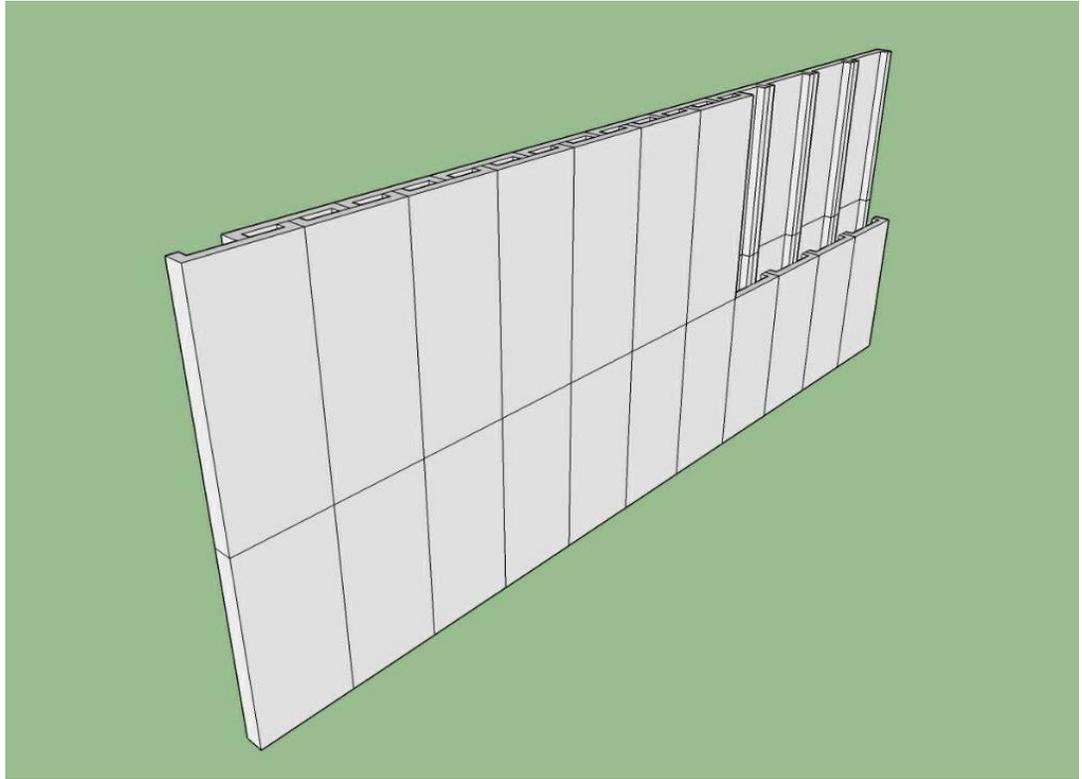


Figura 5.3.1 Prototipo de diseño de panel para vivienda modular.

En cuanto al ensamblaje entre placas, se elaboraron diversos bosquejos de prototipos que pudieran funcionar, realizándolos de una forma general sin considerarse los detalles técnicos. De entre las propuestas realizadas, se seleccionaron las más factibles y funcionales. Una de ellas consiste en un ensamble mediante placas metálicas en la superficie superior e inferior de cada panel las cuales van perforadas y unidas por cierto tipo de perno que cumpla dicha función. Estas placas están atornilladas en ambos extremos a dos paneles diferentes de manera que permitan la unión de estos.

Se comenzó por fabricar una cimbra con las dimensiones anteriormente mencionadas, elaborado de acero siendo sujetado con un perno metálico en los 4 extremos, dejando la malla hexagonal dentro del molde, con el fin de que dicha malla quede ahogada en el concreto.

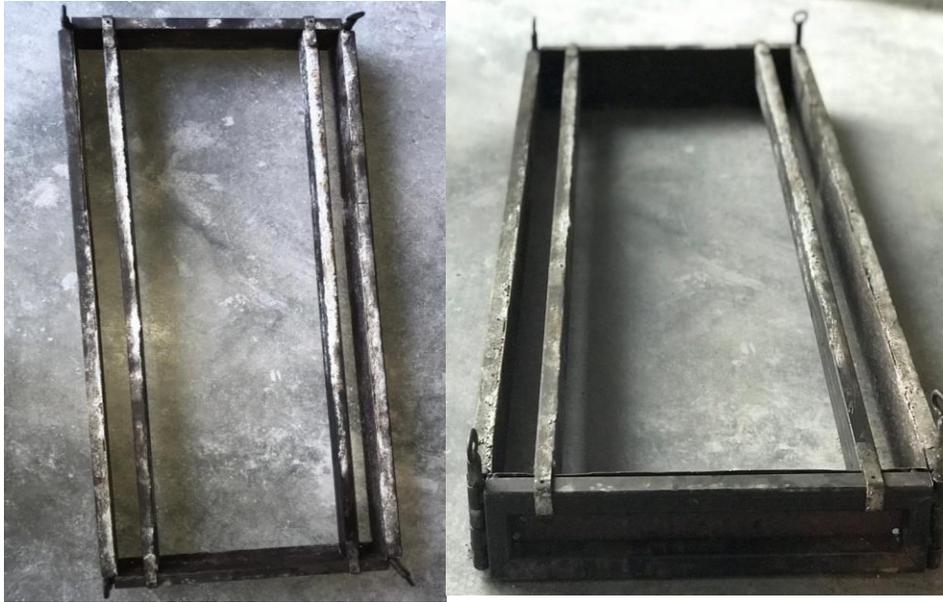


Figura 5.3.2.- Cimbra para panel.

En la figura 5.3.2 se muestra la cimbra y se procedió a realizar el pesaje de los materiales según las dosificaciones para los paneles; todo esto conforme al volumen requerido para el llenado de los tres paneles a elaborar, este volumen resulta de las dimensiones antes mencionadas, 1.20 x 0.50 x 0.05 m y sus extremos de 0.10 m de espesor, por consiguiente, se obtiene un volumen de $0.0360 m^3$

Tabla 5. 1 Dosificación de materiales para un Bulto de Cemento.

DOSIFICACIÓN DE MATERIALES			
UNI CEL	A G U A	ARE NA	CEMENT O
(lt)	(lt)	(kg)	(kg)
50.6 2	21 .0 8	90. 45	50

Realizado el pesaje de materiales se procedió a la elaboración de las mezclas siguiendo las pautas establecidas según la norma antes mencionada, para después comenzar el llenado de moldes para paneles. Este moldeado se realizó basándose en el proceso que se utiliza para la elaboración de probetas, de tal modo que una vez que se tiende el plástico, que sirve como protección para la mezcla, en una superficie plana se procede a situar el primer marco de la cimbra y así comenzar el llenado del mismo, para continuar con el varillado uniforme y el golpeo con mazo de hule.

Enseguida se colocó la malla hexagonal previamente cortada con las dimensiones del panel y se procede a prensar entre el primer y el segundo marco de cimbra.

Dicha cimbra cuenta con cerraduras de cada lado, las cuales permiten la unión de los dos marcos y mantienen la malla hexagonal fija. Así pues, se continua con el llenado de la segunda capa por encima de la malla, y se realiza el mismo proceso de varillado y golpeo.

Por último, se retiró el exceso de concreto para producir una superficie nivelado y lisa, como se hace con las probetas. Y se concluye la elaboración del panel en la figura 3.8 se aprecia el proceso final y envolviéndolo en plástico para evitar la pérdida de humedad. Es importante el resguardo de las muestras para su posterior desmolde y curado.



Figura 5.3.3.- Término de elaboración de panel.

5.4 PRUEBAS Y DESCARGAS DE LOSAS

De acuerdo con Urrutia, generalmente, las estructuras están sujetas a historias de cargas que varían en el tiempo, por ejemplo, de carácter cíclico, las que pueden provocar un proceso de deterioro progresivo de sus propiedades mecánicas. Las cargas de carácter variable en el tiempo pueden ocasionar daños en los elementos estructurales en servicio, lo que produce su falla a valores de tensión inferiores a los que provocan el colapso con cargas constantes o estáticas.

La reducción de la resistencia y la posterior falla del material sometido a cargas repetidas se conoce como fatiga.

Cuando se somete el concreto a cargas fluctuantes en vez de que sean sometidas, su resistencia a la fatiga, al igual que para otros materiales, es considerablemente menor que su resistencia estática. Cuando el concreto simple se somete a esfuerzos de compresión que varían cíclicamente desde cero hasta un máximo esfuerzo, su límite de fatiga está entre el 50 y el 60% de la resistencia a la compresión estática, se sabe que la resistencia a la fatiga del concreto no solo depende de su resistencia estática sino también de las condiciones de humedad, de la edad y de la velocidad de aplicación de la carga (ITEA, 2014)

Así pues, se determinó someter los paneles de concreto ligero a ensayos por cargas cíclicas y probar su capacidad de resistencia. Para este proceso se comenzó colocando 4 apoyos para situar el panel en forma horizontal, estos apoyos se colocan en base a medidas de modo que queden perfectamente alineados con el panel, posteriormente se marcan las bases para definir la ubicación del panel el cual en este caso está sostenido en 5 cm en cada esquina.



Figura 5.4.- Emplazamiento del panel sobre apoyos.

Una vez que se encuentra debidamente situado el panel como se muestra en la figura 5.4.1, se comienza con el proceso de colocación de cargas cíclicas, para el caso de este proyecto se realiza por medio del apilamiento de bultos de cemento de 50 kg. Estas cargas se realizan colocando cada bulto a los mismos intervalos de tiempo, incluyendo un lapso de espera después de aplicación de la carga.

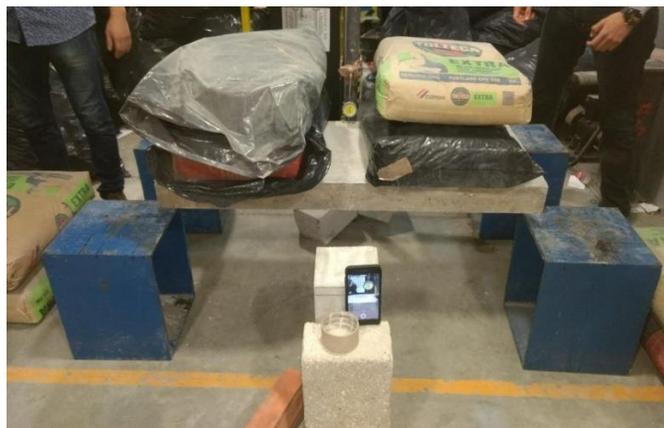


Figura 5.4.1 Primer ciclo de carga.

Para el segundo ciclo se repitió el procedimiento de aplicación de carga, tratando que a la hora de apilarse los sacos queden alineados a los de la primera fila, en este ciclo se comienza a percibir al esfuerzo del panel a casusa de la carga al que está sometido. Se continuaron estas series de ciclos de carga, contándose el número de ciclos hasta el estado límite de rotura del elemento.

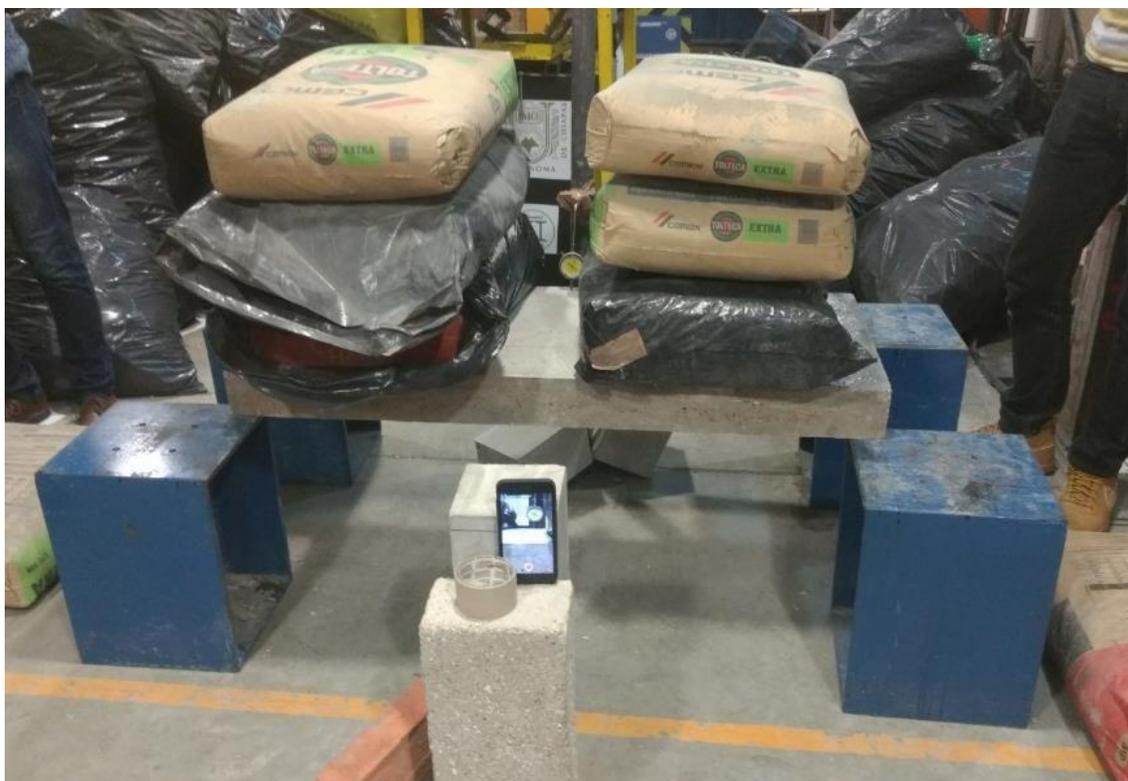


Figura 5.4.2.- Segundo ciclo de carga

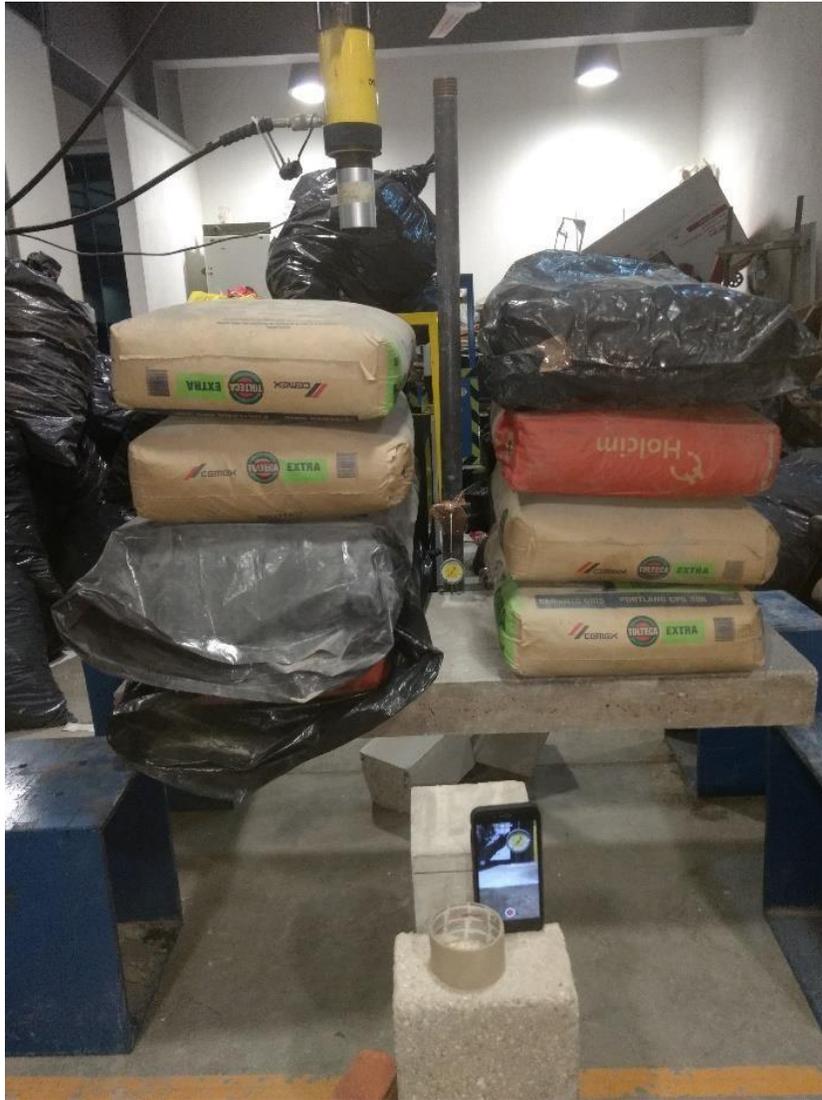


Figura 5.4.3.- Carga máxima soportada de la losa.

6. MATERIALES

Es este proyecto de investigación se propuso diseñar mezclas de concreto aligerado con poliestireno expandido reciclado (EPS) buscando los modelos más óptimos para los paneles a construir. Se comenzó realizando una recolección de deshecho de EPS en cualquier presentación o forma y se realizó un proceso de molido mediante diversos métodos, encontrando el licuado como la mejor opción.



Fig.6.1 licuadora



Fig. 6.2 triturando el unicel



Fig. 6.3 unicel triturado



Fig. 6.4 agregando el nicel en la mezcla



Fig. 6.5 preparando

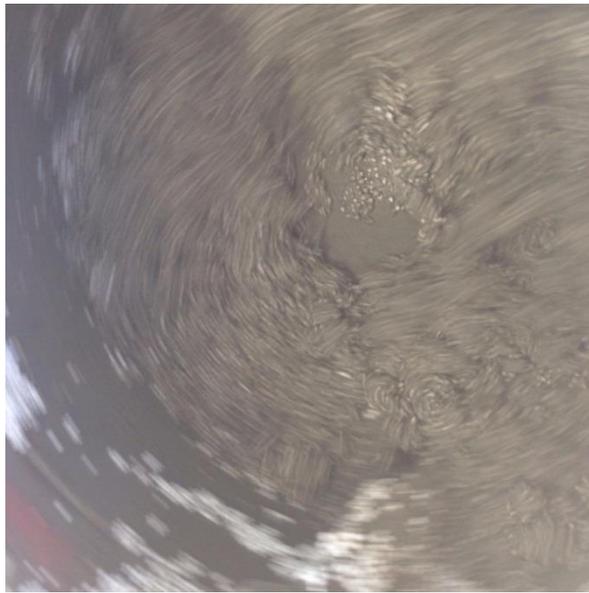


Fig. 6.6 mezclando

Para la realización de las dosificaciones se tomó como base la de un concreto con resistencia de 150 kg/cm² realizando los ajustes pertinentes, como la sustitución del agregado grueso por el poliestireno expandido reciclado.



Fig. 6.7 Haciendo cilindros

Los cilindros fueron realizados considerando la norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE-2004, que es la “Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio”. Posteriormente estos fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días respectivamente apegándose a los procesos de la norma, NMX-C-109-ONNCCE-2010, “Cabeceo de especímenes cilíndricos” y la NMX-C-083 ONNCCE-2002 “Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto”.

Así mismo y con la finalidad de obtener los estándares promedio de los paneles que actualmente se comercializan, se realizaron comparaciones de dimensión, espesor y peso. Una vez acordadas las medidas a usar para el panel se propusieron distintos diseños para obtener el más adecuado para su manejo y ensamble. Se procedió a la elaboración de los paneles con las características acordadas e igualmente fueron ensayadas mediante la aplicación de cargas cíclicas, para conocer su resistencia a la compresión y su resiliencia



fig. 6.8 losa



Fig. 6.9 losa decimbrada

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Una vez realizados los ensayos correspondientes tanto para cilindros, vigas como para paneles, se procede a registrar los resultados arrojados para analizarlos y realizar las comparativas correspondientes, cabe mencionar que antes de someter las muestras a ensayo se tomaron dimensiones y otras características físicas de cada uno.

Es importante destacar los ajustes en las dosificaciones que se realizaron para las siguientes muestras a partir del espécimen E1, estas modificaciones se efectuaron con el fin de lograr una mayor resistencia sin comprometer la densidad de las muestras de modo que el concreto siga considerándose ligero.

Cada probeta de estas muestras se curó a los días correspondientes para posteriormente ser ensayadas para determinar su resistencia a la compresión teniendo como resultados los expuestos en la Tabla de concentrado de resultados

MUESTRA	DIAMETRO	ALTURA	ÁREA	VOLUMEN	PESO	EDAD	CARGA	f _c	DENSIDAD
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(Días)	(Kg)	Kgf/cm ² (MPa)	(Kg/m ³)
E1	15.01	30	176.93	5307.8451	8.75	7	15,333	86.66 (8.66)	1648.5033
E2	15.00	30.01	176.69	5302.5419	8.52	14	17,868	101.12 (10.11)	1606.7765
E3	15.00	30	177.16	5301.4500	8.48	28	20,663	116.63 (11.66)	1599.5623

Tabla 7. 1 Tabla de concentrado de resultados.

La siguiente tabla 7.2 indica la resistencia a compresión que obtuvieron los cilindros de ensaye a cada uno de sus días correspondientes.

Tabla 7. 2 Resultados a compresión de cilindros de ensaye.

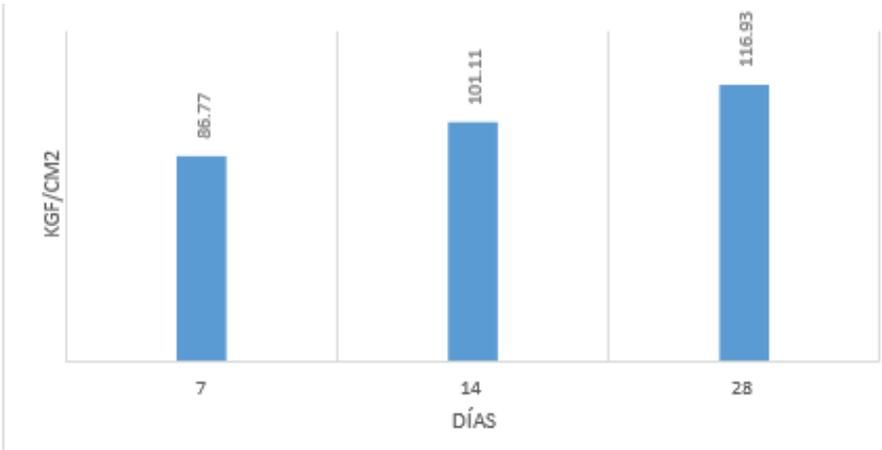
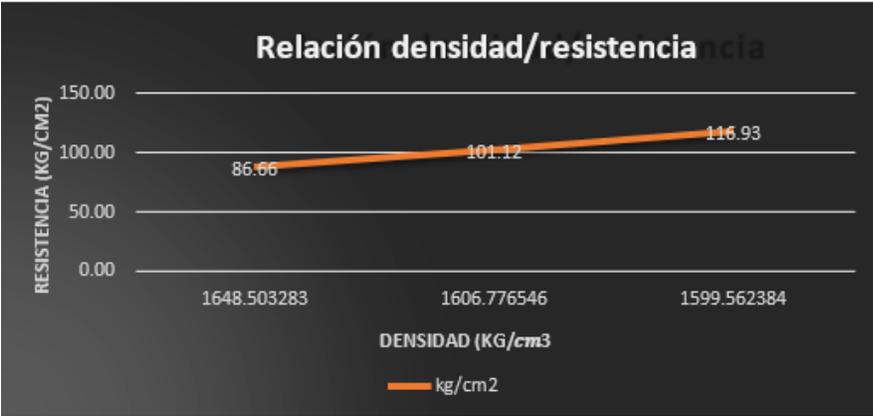


Tabla 7. 3 Relación densidad/resistencia



De acuerdo a los resultados de la tabla de resultados, en la gráfica relación-densidad se muestra que conforme pasan los días la densidad de los especímenes va disminuyendo, aunque va aumentando su resistencia.

Tabla 7. 4 Características del panel.

MUESTRA	LARGO	ANCHO	PATINES (2)	ESPESOR	ÁREA	VOLUMEN	PESO	Densidad	No. CICLOS	CARGA	ESTADO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(Kg/m ³)		TOTAL (Kg)	
PANEL	120	40	(5 X 5 X 120) 2	5	6000	30000	50.2	1673.3333	4	400	NORMAL

Figura 7. 1 Gráfica de deformación.



En la gráfica 7.1 de acuerdo a los ciclos de carga y descarga se pudieron graficar los resultados del comportamiento de la losa, para tener los resultados de esfuerzo- deformación.

El Módulo de ruptura de una viga de ensaye se calcula de acuerdo con la siguiente expresión bajo la norma NMX-C-191-ONNCCE-2015 Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto Usando una Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro.

Tabla 7. 5 características de la viga

MUESTRA	LARGO	ALTURA	ANCHO	ÁREA	VOLUMEN	PESO	EDAD	CARGA	MR	Densidad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(kg)	(Días)	(Kg)	(Kg/cm ²)	(Kg/m ³)
VIGA	50	15	15	675	11250	18.7	28	2137	56.99	1662.2222

CALCULO DEL MR:

$$MR = \frac{(P)(L)}{(d^2)}$$

Dónde:

P= Carga

L= Longitud entre apoyos

b= Base

d= Peralte

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$MR = \frac{(2137 \text{ kg})(45 \text{ cm})}{(15)(15)^2} = 28.49 \text{ kg/cm}^2$$

8. CONCLUSIONES

La casa modular ha experimentado un renacimiento en los últimos años, con los fabricantes de casas modulares modernas que tienen todas las comodidades de las viviendas prefabricadas, añadiendo un diseño actualizado.

Este tipo de sistema es eficiente y se puede utilizar en estructuras desde pequeñas hasta muy grandes y sus ventajas son que reduce el volumen de concreto a utilizar, los tiempos de ejecución y los costos. Son llamados también losas prefabricadas.

Son las losas que no tienen el peso que una de características convencionales, en las que se necesitan además del uso de más material, mucha mano de obra pesada, y muchos materiales en los que se involucran, hierros, vigas, viguetas, zapatas, columnas, para el sostén con lo cual, la construcción de muchos pisos, significa más gastos, más personal, más tiempo, y más riesgos. En la actualidad, se involucran además de nuevos y mejores materiales, el ingenio, con el que se hacen este tipo de obras, que por cierto causan furor en todo el mundo, porque con menos tiempo, menos materiales, menos mano de obra calificada, se pueden lograr trabajos realmente espectaculares, aún de mayores y mejores resultados.

La industrialización aporta ventajas de efectividad y facilidad de trabajo en el proceso de construcción de viviendas. Se puede considerar que este tipo de construcción tiene un menor impacto ambiental global, debido a la actual utilización de materiales. Asimismo, se cumplen las expectativas de fácil acceso a la vivienda por la drástica reducción de precios. Podemos pensar que las ventajas que se asocian a las viviendas industrializadas que se ofrecen actualmente en el mercado por estudios especializados, tienen que ver con la facilidad y la eficacia a la hora de gestionar la puesta en obra, e incluso con economizar recursos (también humanos) y por supuesto con la ecología. Seguir utilizando materiales y sistemas con consumo intensivo de energía y contaminantes en su fabricación, no es ambientalmente viable. Gracias a las mejoras en los procesos productivos industriales, quizás finalmente estemos aproximándonos a una situación que incluya tecnología y materiales locales o regionales de bajo impacto, edificados por mano de obra local en plantas de producción cerradas y controladas.

Bibliografía

(s.f.). Recuperado el 23 de 10 de 2015, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/13017/Capitulo2.pdf>

(s.f.). Recuperado el 27 de 11 de 2015, de
[.http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/mar/50/pronostico.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/mar/50/pronostico.htm)

(s.f.). Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14923/1/1002346.pdf>

digavasa. (11 de 11 de 2015). Obtenido de <https://digavasa.wordpress.com>

Hammes, m. C. (2004). *Reingenieria*. colombia: Norma.

HERRERA. (s.f.). ELABORACION Y ENSAYOS DE CILINDROS.

Historia de la reingenieria. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2015, de
<http://www.monografias.com/trabajos28/reingenieria/reingenieria.shtml>

HISTORIA DE LAS CASAS MODULARES. (23 de 11 de 2015). Recuperado el 23 de 10 de 2015, de
<http://demaderayluz.blogspot.mx/2012/01/historia-de-las-casas-modulares.html>

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/87/87600005/html/index.html>. (s.f.).

Huerta, R. (05 de 01 de 2016). *IMCYC*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2009/jul09/tecnologia.htm>

IMCYC. (04 de 01 de 2016). Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2009/jul09/tecnologia.htm>

ITEA. (2014).

Muros Armados. (2015). Obtenido de <http://www.arkigrafico.com/disminuye-el-peso-de-una-edificacion-con-losas-aligeradas/#>

NEVILLE Y BROOKS. (1988). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO*.

prefabricada, v. (02 de 01 de 2016). *wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Vivienda_prefabricada

Propiedades funcionales del concreto celular. (11 de 08 de 2015). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/12822/Capitulo3.pdf>

Reingeniería empresarial. (s.f.). Recuperado el agosto de 2015, de <http://www.bpmcg.mx/Que-es-la-Reingenieria-Empresarial>

Weebly. (23 de 10 de 2015). Obtenido de http://tecnicasenlaconstruccion.weebly.com/uploads/1/3/6/6/13669342/clase_3p_5abr_sist_const_-_losas.pdf