

CAPITULO I: INTRODUCCION

TITULO DE LA INVESTIGACION

Estudio de la factibilidad del uso del ferrocemento para la construcción de viviendas de bajo costo, sismo resistentes y de rápida ejecución en la Republica Dominicana 2010.

OBJETIVOS

Objetivo General

Medir la factibilidad del uso del ferrocemento para la construcción de una vivienda de bajo costo y sismo resistente en corto tiempo.

Objetivos Específicos

- Investigar sobre el ferrocemento para conocer sus usos como material en la construcción de viviendas de bajo costo.
- Elaborar un procedimiento de ejecución constructivo de viviendas con ferrocemento
- Comparar los costos de viviendas económicas construidas con ferrocemento vs hormigón armado.
- Comparar el factor tiempo en la construcción de una vivienda de ferrocemento vs hormigón armado.
- Determinar el comportamiento de una vivienda construida con ferrocemento bajo cargas sísmicas.

JUSTIFICACION Y ALCANCE DEL PROYECTO

La justificación que se realiza es de carácter Práctico, ya que buscamos aportar una alternativa para la construcción de viviendas de bajo costo, sismo resistente y ejecutable a un ritmo acelerado.

Siendo nuestro país una zona de alto riesgo sísmico, observamos que los más afectados son los carentes de viviendas dignas, lo cual promueve a la investigación para la mejoría e innovación en la construcción de viviendas de bajo costo, y porque no de la utilización de materiales alternos al hormigón, como el ferrocemento.

Notamos que no existen muchos estudios a favor de dar solución a los problemas de viviendas actuales para las personas de bajos recursos, por tanto centramos nuestra investigación en aportar soluciones reales y factibles para el problema de las viviendas de bajo costo

Distinguimos además que parte del problema es el tiempo que se tarda en darles una vivienda digna a estas familias, por esto nuestra propuesta es presentar una solución funcional y rápida, para aquellas familias que luego de la catástrofe duran un tiempo significativo en obtener un lugar donde vivir.

Buscamos así aportar un sistema constructivo sismo resistente para viviendas de bajo costo utilizando ferrocemento como material y los procedimientos de diseño que se deberán implementar para garantizar el funcionamiento estructural deseado y así constituir una solución resistente, digna, sostenible y segura. Beneficiando así a la población de bajos recursos afectada o propensa a dicho fenómeno, proporcionándole una nueva vivienda y sobretodo digna.

Nuestra investigación será utilizada posteriormente por INGENIERIA SIN FRONTERAS (ISF) para el proyecto que aun buscan aprobación, para utilizarlo en respuesta al problema actual de la vivienda de bajo costo tanto en republica dominicana como en Haití.

MARCO TEORICO

HISTORIA

El ferrocemento como material de construcción se remonta a los tiempos de los sumerios y los romanos, cuando utilizaban morteros reforzados con fibras. (Pama, 1992, citado en Bedoya, 2005)

A finales del siglo XIX, Joseph Louis Lambot construye objetos con mortero reforzado con malla de alambre en Miraval, en el sur de Francia. Lambot ve el ferrocemento como material de construcción a ser utilizado como sustituto de la madera en construcciones arquitectónicas, navales y artesanales. Este patenta el nombre de Ferciment (ferrocemento) en el año 1852. (Bedoya, 2005)

A mitad del siglo XIX el ferrocemento es desplazado por el uso del hormigón armado, debido a que la tecnología de esos momentos no ayudo al desarrollo de la producción de mallas de pequeños diámetros, por lo cual se opto por le uso de varillas de acero de grandes diámetros. Es entonces a principios de la década de 1940 que el Ing. Piel L. Nervi retoma el ferrocemento como material de construcción, realizando estudios de hormigón reforzado con mallas de alambre, arrojando estos estudios resultados impresionantes, donde reconoce que el material tiene un *"comportamiento similar al de un material homogéneo de elevadas resistencias"* (Pama, 1992). Con sus estudios, Nervi llaga a la conclusión que este material es altamente flexible, elástico y resistente a la tracción no obstante a estos resultados, el material

no fue aceptado como una solución constructiva hasta la década de 1960, cuando se percataron de la durabilidad y buen estado de construcciones realizadas con ferrocemento. (Bedoya, 2005)

En lo que se refiere a Latinoamérica, específicamente en Brasil en 1960, en la universidad de Sao Carlos se iniciaron estudios de este material, en el cual se forma un grupo de estudio para este como un material industrial, llamándolo “Argamasa armada”. La universidad Federal de Ceará inicia el “Proyecto Ferrocemento” en 1982, con el profesor Alexandre Diógenes, en dicho proyecto se estudian construcciones artesanales, esta investigación finalizó en 1988 dejando mucha documentación y resultados interesantes para futuros estudios del material. (Bonifacio, 2004)

Antonio Gaudí (1852, Barcelona 1926) creador de nuevas formas y estructuras inspiradas en la naturaleza, utiliza el ferrocemento como material en sus obras de arquitectura cargadas de elementos místicos, para lograr moldear sus edificaciones, mostrando así las virtudes de este como material en la arquitectura moderna. (Bedoya, 2005)

DEFINICIONES DE FERROCEMENTO

EL ferrocemento como material se podrá definir según los autores de diferente manera:

“El ferrocemento es un tipo de hormigón armado de pared delgada, habitualmente construido con mortero de cemento y reforzado con capas de malla de alambre continuas, de pequeño calibre y ocasionalmente barras de acero de armazón. La malla puede ser hecha de metal u otro material conveniente. La manejabilidad del mortero y su composición debe ser compatible con los tejidos de malla y las varillas de armazón, para permitir su colocación. El mortero puede contener fibras discontinuas.” (Bedoya, 2005)

“Ferrocemento es un material formado por capas de malla de alambre impregnadas con un mortero a base de arena fina y cemento Portland. Nervi Demostró que el material resultante no se comportaba como el hormigón armado ordinario, que por poseer un porcentaje volumétrico mucho mayor de refuerzo de acero y una mayor distribución de refuerzo, exhibe todas las propiedades de un nuevo material” (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)

“Se define al ferrocemento como un tipo de construcción de concreto reforzado, con espesores delgados en el cual generalmente el mortero esta reforzado con capa de malla continua de diámetro relativamente pequeños. La malla puede ser metálica o de otro material adecuado.” (Aguero, 2004)

“Ferrocemento es definido como una pared delgada de concreto reforzado, compuesto de mortero de cemento y mallas electro soldadas de acero de muy poco diámetro unidas a poca distancia.” (Pancharathi & Rao, 2009)

“El ferrocemento es un tipo de hormigón armado en forma de lamina delgada comúnmente construido con mortero de cemento hidráulico y reforzado con capas de telas de mallas, poco separadas entre si, y formadas por alambres continuos y de diámetros relativamente pequeños.” (Villegas, 2005)

Analizando todas las definiciones podemos llegar a la conclusión de que el ferrocemento no es más que una variación del hormigón armado, compuesto por mallas, ya sea de acero u otro material conveniente de diámetros pequeños y unidos a poca distancia, y mortero de arena fina y cemento, formando laminas delgadas y presentando un mayor refuerzo de acero a diferencia del hormigón armado.

CONSTRUCCION CON FERROCEMENTO

Aplicaciones como nuevas estructuras, reparación y rehabilitación. Por tanto este material puede ser usado para la construcción de viviendas de bajo costo. (Bedoya, 2005)

Este material toma auge cuando las construcciones de hormigón armado común presentan secciones transversales muy grandes y se vuelve demasiado pesado. A pesar que el ferrocemento posee aproximadamente la misma densidad del hormigón por unidad de volumen, este ofrece un volumen total menor debido a que en la construcción se utilizan paredes delgadas volviendo la estructura más liviana. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988) (Bedoya, 2005)

Por esto, aprovechando la capacidad de trabajo ante determinados agente externos, se aprovecha el material para construcciones industriales, mas no limita su uso aquí, puesto que se ha utilizado en construcciones sociales ya sea en techos estructurales y decorativos, pisos y escaleras, incluso puede utilizarse como encofrado en las construcciones de hormigón armado. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)

MATERIALES COMPONENTES DEL FERROCEMENTO

Para la fabricación de ferrocemento es necesario conocer los materiales y propiedades de los mismos:

1.- Mortero

Es una mezcla plástica resultado de la unión de un aglomerante, arena y agua. Para mejorar las propiedades del mismo, se le pueden agregar aditivos. El tipo de material utilizado en el mismo, la cantidad y la calidad de estos, influirán de forma directa en el comportamiento y

durabilidad de construcciones realizadas con ferrocemento (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988). (Villegas, 2005)



Mezcla de mortero, (BRICO, 1993)

1.1 -Arena

La arena es un producto del proceso de la desintegración natural de rocas ya sea por procesos químicos y/o mecánicos, con granos de tamaños máximo de 5 mm. Estas deben cumplir con normas de resistencia a los esfuerzos mecánicos, y contenidos de sustancias como arcillas y materias orgánicas. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988) (Villegas, 2005)

ASTM	MM.	% QUE PASA	
		Paneles y otros	Barcos
Nº 4	4,75	95 - 100	100
Nº 8	2,380	80 - 100	100
Nº 16	1,190	50 - 85	70 - 100
Nº 30	0,590	25 - 60	45 - 70
Nº 50	0,297	25 - 30	25 - 45
Nº 100	0,149	2 - 10	5 -15

Especificaciones granulométricas para ferrocemento (Villegas, 2005)

El agregado, arena, es el ingrediente más importante del ferrocemento ya que ocupa del 60 al 70% del volumen del mortero y es el responsable de la resistencia e impermeabilidad de la misma. Este es capaz de producir una adecuada trabajabilidad al mortero para lograr una buena adherencia entre las mallas. (UNATSABAR, 2003)



Agregado para Mezclas y Concretos, (Tramaco)

1.2- Cemento

Actualmente el cemento portland es el material aglomerante más utilizado, el cual tiene la propiedad de adherirse a otro material, unir o enlazar materiales pétreos. Las pastas resultantes de estos, permiten ser extendidas y moldeadas obteniendo un elemento en estado sólido con la forma deseada. La invención del cemento portland se atribuye al científico inglés José Aspdin (1778-1855), patentado el 21 de Octubre del 1824, nombrándole así debido a la semejanza del color de este con el de las rocas de la ciudad de Portland. El cemento Portland es el resultado de calcinar una mezcla homogénea de calizas y arcillas, obteniéndose clinker, el cual se debe pulverizar con yeso para retardar el fraguado. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing. Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)

1.3-Agua

El agua a utilizar en la composición del mortero debe ser limpia y potable a excepción de las aguas salobres potables por su contenido de sales, en caso contrario podría afectar o causar

corrosión al acero. Cuando se presente la necesidad de almacenar agua, debe evitarse hacerlo en tanques metálicos expuestos al sol, debido a que el aumento de la temperatura reduciría la resistencia del mortero. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988) (Villegas, 2005)

1.4 - Aditivos

Es utilizado para mejorar o modificar las propiedades del mortero utilizado en la producción de ferrocemento. Aun así, antes de ser utilizado en la mezcla, se deben hacer los estudios necesarios para verificar que se obtendrán los resultados esperados. Estos pueden encontrarse en polvo, líquido o en pasta. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988) (Villegas, 2005)

Existen diferentes tipos de aditivos, según su finalidad, entre estos tenemos: plastificantes, supe plastificantes, aceleradores, retardadores, impermeabilizantes, entre otros. (Villegas, 2005)

2.- Armaduras de Refuerzo

Para La unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR) la forma y la resistencia del ferrocemento lo define la armadura de refuerzo, este puede ser de acero de armazón o malla de refuerzo. Mientras que para los Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, y Silva Rodriguez, dicen que el ferrocemento podra construirse no solo con mallas de acero, sino ademas con barras de acero, alambrones y alambres.

Villegas nos dice que los refuerzos del ferrocemento se clasifican en dos grupos *"que dependiendo de la cantidad, resistencia y orientación en que se utilizan, servirán para que el mortero no se disgregue e incidirán directamente sobre el agrietamiento del elemento."*

Estos dos grupos son:

-Armadura difusa: En los cuales unos alambres de pequeño diámetro van formando mallas con una separación muy pequeña, y estas se distribuyen en varias capas que sirven de soporte al mortero que cubre el elemento. Entre las más utilizadas se destacan Malla Hexagonal, Malla Cuadrada, Malla de metal desplegado, Malla Soldada, entre otros.

-Armadura Discreta: Que a su vez se subdividen en Armadura de esqueleto y Armadura suplementaria. La primera está compuesta por barras de acero dulce soldadas de pequeños diámetros. Y la segunda se constituye barras de acero estructural y trabaja en conjunto con las mallas de la armadura difusa. Las armaduras discretas cumplen el rol de las armaduras estructurales, pero su objetivo principal es servir de soporte a las mallas.

2.1 Barras de Acero

Estas son el resultado del laminado de palanquillas de acero al carbono común en caliente. Se distinguen, por su sección, longitud, diámetro, entre otros. A la vez, por su sección estas pueden ser circulares, corrugadas o cuadradas. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)



Barras de acero, (Rodolfo O. Terragni S.R.L.)

2.2 Alambrón

Este está constituido por barras redondas y lisas de acero de bajo contenido de carbono y de alta resistencia. Los diámetros utilizados son de 4 a 8 mm. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)



Alambrones corrugados, (Ferreteria Tubolaminas S.A.)

2.3 Alambre

Es un tipo acero utilizado para los diferentes tipos de amarres en la construcción de las estructuras de ferrocemento, el cual es preferible que sea fácil de manipular para que así adopte las formas deseadas. Los alambres se diferencian por la sección a utilizar y estos a vez por el calibre, utilizando comúnmente calibre No. 18 para la elaboración de amarres y calibre No. 12 para la elaboración de grapas. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)



Alambres de acero, (Coinalde)

2.4 Malla de Refuerzo o Tela Metálica

Estas mallas son alambre de diámetro pequeño y espaciados a corta distancia, entre tejida o soldado, dispuestos en capas continuas y/o superpuestas. La malla debe ser suficientemente flexible para poder curvarse en esquinas agudas. Este tiene la función de dar forma y retener al mortero en el fraguado inicial hasta el fraguado final el cual le transfiere al ferrocemento la capacidad de absorber esfuerzos de tensión sobre la estructura, que el mortero por sí solo no podría soportar. (UNATSABAR, 2003)

El comportamiento mecánico del ferrocemento es determinado por el tipo de acero, la cantidad, la orientación y las propiedades de la malla o varilla de refuerzo. (Bedoya, 2005)

Existen diferentes tipos de telas metálicas, como son: mallas soldadas, malla hexagonal y mallas de metal desplegado. Siendo la malla hexagonal la de mayor uso en la fabricación de ferrocemento, debido a su alto grado de moldeabilidad y su facilidad de obtención en el mercado. (Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, & Silva Rodriguez, 1988)



Mallas de acero, (Austral Market)

A continuación presentamos los valores mínimos de resistencia, módulo efectivo y factor de eficiencia global recomendados para las mallas de refuerzo, dependiendo de la dirección y orientación de estas. (ACI, 1997)

Tipo de malla de alambres		Cuadrada tejida	Cuadrada soldada	De metal expandido	Hexagonal
Resistencia de cedencia σ_{ry} (Mpa)	σ_{ry}	450	450	310	310
Módulo efectivo E_r (Gpa)	E_{rL}	138	200	138	104
	E_{rT}	165	200	69	69
Factor de eficiencia global η_o	η_L	0,50	0,50	0,65	0,45
	η_T	0,50	0,50	0,20	0,30
	$\eta_{\theta} (\theta = 45)$	0,35	0,35	0,30	0,30

Parámetros estructurales sugeridos para el diseño, (ACI, 1997)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FERROCEMENTO

Según el Libro Embarcaciones de Ferrocemento del Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing.Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, y Silva Rodriguez, las ventajas para utilizar el ferrocemento como material de construcción serán:

- Bajo costo de los materiales componentes y facilidad de su adquisición.
- No requiere mano de obra altamente especializada.
- Bajo costo de mantenimiento
- Es un material incombustible

Otra de las ventajas para el uso del ferrocemento es que este no requiere maquinaria pesada. (Carrasco, 2001)

Una de las ventajas más importantes es la velocidad en la construcción y la facilidad de fabricación del ferrocemento, la tecnología necesaria para producir grandes cantidades de paneles elaborados de ferrocemento es muy mínima, ya que solo se necesitan unos buenos moldes y un buen vibrador para dar como resultado dos o tres habitaciones por semana, Las

vigas se producen en un tamaño estándar, pero también es posible ajustarlas a las dimensiones exactas de las casas que van a construirse. (CECAT, 2010)

Así mismo debemos mencionar las principales desventajas del ferrocemento, expuestas en el Libro Embarcaciones de Ferrocemento del Ing. Fernandez Bell, Ing. Rodriguez Rodriguez, Ing. Silva Walker, Ing. Infante Ferrer, y Silva Rodriguez antes mencionado:

- El ferrocemento es un material más pesado que el acero
- Es menos resistente a las cargas de impacto si lo enfrentamos al acero y a la madera

Otra de las limitaciones que tiene el ferrocemento es que la mezcla de hormigón y la colocación de las mallas debe ser monitoreada por mano de obra calificada ya que errores en estos procesos disminuyen la calidad de los paneles. (CECAT, 2010)

PROCESOS DE PREFABRICACION

Como mencionamos anteriormente el ferrocemento necesita de un mínimo de tecnología, aunque la mano de obra no es necesaria que sea especializada.

En la fabricación del ferrocemento, es posible utilizar moldes y encofrados en caso necesario, estos brindaran una mejora en la precisión, así como un mejor acabado. Pueden ser fabricados con acero, madera, cerámica, hormigón, suelo-cemento, arcilla compactada cubierta con cemento, entre otros, la superficie de estos deberá ser tratada con anterioridad al vaciado ya sea con aceites minerales, emulsiones asfálticas o aditivos desencofrantes para proporcionar una superficie lisa e impermeable. (Bedoya, 2005)

En la preparación y montaje del refuerzo, las barras de acero normalmente no aportan resistencia a la estructura, sino el número de capas de mallas. Estas se colocaran al lado interior y exterior de las barras de acero, estas deben amarrarse entre sí de forma cuidadosa y

firme con alambres cortos, evitando al máximo que el refuerzo se mueva durante el vaciado del mortero. (Bedoya, 2005)

Para vaciar el mortero, se debe chequear que las mallas estén limpias, ya sea de polvo, grasas o cualquier otro contaminante. El momento del vaciado del mortero es la etapa de mayor precaución y estos pueden ser manuales, de vibración y de proyección del mortero. (Bedoya, 2005)

Para evitar fisuración temprana, mejorar el ritmo de ganancia de resistencia, mejorar la resistencia a la abrasión y su impermeabilidad, toda estructura de ferrocemento debe ser curada. Esto significa que se debe evitar que la estructura pierda agua antes y durante esta alcanzando su máxima resistencia. Para evitar la evaporación, existen diversos métodos de curado, por mencionar algunos: curado por humedad, Curado con membrana impermeable y Curado con vapor, siendo estos los más utilizados. (Bedoya, 2005)

“Por sus características, especialmente su idoneidad para la fabricación de elementos de pared delgada, el ferrocemento es un material ideal para la prefabricación e industrialización.” (Bedoya, 2005)

EL FERROCEMENTO Y LAS VIVIENDAS DE BAJO COSTO

Actualmente el mundo de la ingeniería tiene como meta el erradicar las malas y peligrosas construcciones en zonas marginadas con una alta vulnerabilidad a los impactos ambientales. En la mayoría de los países latinoamericanos, estas viviendas se encuentran en zonas de alto riesgo sísmico, y han sido construidas bajo ninguna norma o técnica sismo resistente, volviendo estas construcciones inseguras y vulnerables. (Bedoya Ruiz & Álvarez Betancur, 2009)

Resultado de esto, se hace necesario el utilizar nuevas materiales que proporcionen una solución a la creciente demanda de viviendas de bajo costo. Estas viviendas deberán ser viables, dignas, resistentes, económicas y sustentables. (Bedoya Ruiz & Álvarez Betancur, 2009)

El ferrocemento, al ser un material capaz de ofrecer viviendas durables y de buena calidad, con un sistema constructivo con base a mano de obra no calificada, se convierte en una opción para los países en vías de desarrollo en busca de soluciones a la alta demanda de viviendas de bajo costo y a la falta de empleo. En los países tercermundistas, donde se ha utilizado el ferrocemento para la construcción de viviendas de bajo costo, es posible identificar cuatro sistemas constructivos para su fabricación: construcción en sitio, construcción con elementos modulares prefabricados, construcción con paneles prefabricados y construcción de casas móviles. Una vivienda de ferrocemento podrá ser construida en el lugar deseado por el bajo nivel de tecnología demandado. Mas si han de utilizarse elementos prefabricados, si es requerido cierto nivel de tecnología. Estos cuatro sistemas poseen un elemento en común denominado panel o muro pared delgada. (Bedoya, 2005)

El uso de ferrocemento se puede observar a través de los años en las diferentes aplicaciones en viviendas de bajo costo, en el archipiélago de Malasia, en las islas de Sumatra, Sri Lanka y Nueva Guinea, la construcción de casa de ferrocemento es observable. Países como México, India, Tailandia, Cuba, Estados Unidos, Brasil y Colombia, son pioneros en el uso del ferrocemento para construir viviendas de bajo costo. (Bedoya, 2005)

En 1985 el Simposio Internacional sobre ferrocemento realizado en Bangkok, F. Davis presentó el sistema constructivo para vivienda de bajo costo, el cual consistió en paneles de ferrocemento de diversas formas para ser utilizadas como paredes de viviendas hasta para canales de agua. (Bedoya, 2005)

La disponibilidad de los materiales, la mínima tecnología necesaria, el bajo costo final de la obra y la alta calidad presente en el resultado, son la respuesta al éxito de la aplicación del ferrocemento en las viviendas de bajo costo. Sin embargo, para alcanzar este éxito, es necesario considerar normativas de diseño y construcción sismo resistente ya establecidas para este tipo de viviendas. (Salas, 1992; AIS, 1998; Metrovivienda, 2000, Citado en Bedoya, 2005).

EL FERROCEMENTO ANTE DESASTRES NATURALES

El ferrocemento ofrece una solución rápida a países que se ven afectados por catástrofes naturales, tales como sismo, inundaciones, huracanes y otros eventos que dejan a miles de familias sin hogar. Esto debido a la rapidez de construcción que el ferrocemento ofrece. (CECAT, 2010).

La vivienda es una de las necesidades básicas del ser humano, Actualmente en los países de desarrollo observamos una falta o degradación de estos, y lamentablemente el mayor crecimiento poblacional y territorial se da en las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica, y es justamente en estas zonas donde la tecnología de construcción sismo resistente no está presente utilizando materiales de bajo desempeño sísmico. (Bedoya, 2005)

INGENIERIA SISMORESISTENTE

La importancia del estudio sismo resistente y la aplicación de estos en la construcción lo podemos observar a nivel mundial, por la cantidad de terremotos catastróficos, los cuales producen grandes pérdidas humanas y materiales, tales como los ocurridos para el año de 1995 en Kobe, Japón y Sajalín en Rusia (Buron, 1995)

Más reciente los desastres producidos por los sismos en Haití y en Chile en el 2010 han despertado en nosotros alta preocupación y curiosidad debido a que vivimos en un país con alto riesgo sísmico, como dice Rafael Corominas Pepín en su Libro Lecturas para la gente de un país que espera su Terremoto “Nadie puede dudar ahora que en nuestro país ha temblado, tiembla y temblará”.

Es hora de tomar conciencia de la alta probabilidad de que ocurra un sismo de magnitudes considerables en nuestro país. Tenemos que adoptar al igual que otros países una cultura preparada para afrontar estos sismos tanto humanamente como estructuralmente. No tenemos que esperar a después que ocurra una tragedia si tenemos tiempo de prepararnos para que cuando ocurra, deje las menores consecuencias posibles. (Pepín, 1998)

LOS TERREMOTOS

Un terremoto, no es más que la ruptura repentina de las capas superiores de la Tierra, que algunas veces se extiende a la superficie de esta y produce vibración del suelo. La magnitud de los terremotos se mide mediante la escala de Richter y la intensidad mediante la escala de Mercalli. (DEASTRES, 2000)

En el mecanismo de un terremoto se puede observar la existencia de un foco en el interior de la tierra, en donde una serie de ondas elásticas se propagan hasta alcanzar la superficie, donde generan movimientos en la misma. El centro de donde ocurre el foco se denomina hipocentro, y el radio terrestre en la superficie epicentro. Aunque el foco puede ocupar una zona muy extensa esta imagen puntual del foco nos ayuda a localizar el origen de las ondas sísmicas. (Burón, 1995)

Las ondas sísmicas son generadas por la repentina caída de esfuerzos acompañada del deslizamiento de las placas tectónicas. Estas se dividen en dos: ondas P (Primarias) y ondas S (Secundarias) las cuales van alejándose de la falla y su amplitud va disminuyendo poco a

poco. Estas ondas producen otros tipos de ondas en las capas superficiales de velocidades menores. (Buron, 1995)

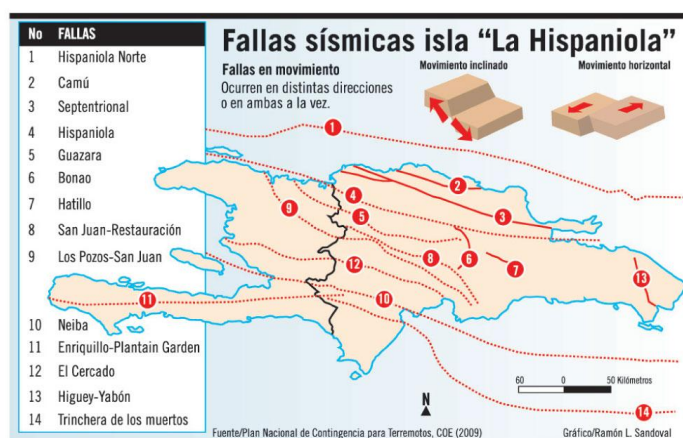
Los terremotos que se originan en profundidades entre 70 y 300 Km, se denominan de focos intermedios y los mayores a 300 Km son de foco profundo. En un terremoto se producen varios tipos de ondas, las más lentas son llamadas ondas secundarias (S), estas deforman las rocas lateralmente en ángulos rectos a la dirección de propagación, las ondas S no pueden propagarse en las zonas líquidas de la Tierra. Las primeras ondas en sentirse en un terremoto son las primarias (P), algunos segundos después llegan las S. La velocidad de las ondas P y S está determinada por la densidad y propiedades elásticas del suelo y rocas que atraviesan. (Bolt, 1981)

Además existe un tercer tipo de ondas sísmicas, denominadas ondas superficiales, esto debido a que solo se mueven en la superficie del suelo. Estas se pueden dividir en dos tipos. Las primeras son las ondas Love, las cuales no tienen un desplazamiento vertical, estas producen sacudidas horizontales dejando a su paso mucho daño en los cimientos. El otro tipo de ondas son las Rayleigh, las cuales se mueven en dirección vertical y horizontal en el plano vertical el cual está orientado en la misma dirección en que se mueven dichas ondas. El viaje de las ondas Love es más rápido que es el de las Rayleigh. (Bolt, 1981)

Los terremotos se clasifican por su modo de generación, entre lo más comunes tenemos los terremotos tectónicos, los cuales son el resultado de la ruptura repentina de las rocas por la acción de fuerzas geológicas. Otro tipo de terremotos son los generados por erupciones volcánicas, llamados terremotos volcánicos. También están los terremotos de colapso, estos son pequeños y suceden en cavernas y minas subterráneas, son el resultado del colapso del techo de una mina o caverna. Existe un último tipo de terremotos, llamados de explosión, estos son producidos por el hombre ya sea con artefactos químicos o nucleares. (Bolt, 1981)

AMENAZAS GEOLOGICAS EN REPUBLICA DOMINICANA

Se considera República Dominicana un país de gran vulnerabilidad sísmica, al estar ubicado en la isla “La Hispaniola”, la cual se encuentra en el borde de interacción de la Placa de Norteamérica y la Placa del Caribe. Dentro de la isla, encontramos diversas fallas regionales como son la Septentrional, Cibao, Hatillo, Higüey, Seybo, Bonao, Ocoa, San Juan, Neiba, Pedernales, Banica y Puerto Plata. (DESASTRES, 2000)

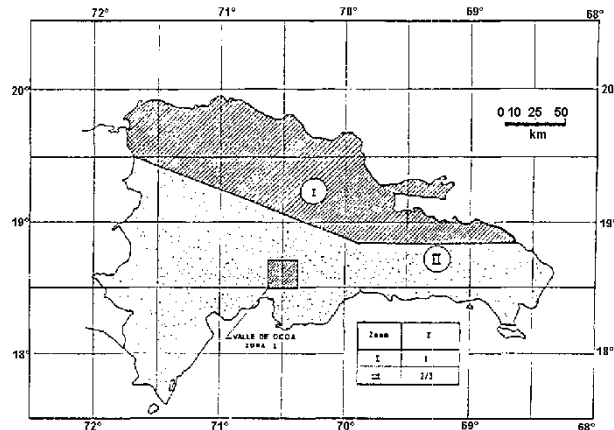


Mapa de fallas sísmicas en la Isla “La Hispaniola”

Plan nacional de contingencia para terremotos, COE, 2009

A través de la historia podemos mencionar una gran cantidad de sismos registrados en el país, siendo el más notable el sismo del 4 de agosto de 1946, ha quedado registrado como uno de los sismos más grande y destructivo del Siglo XX, con una magnitud de 8.1 en la escala de Richter, afectando las ciudades de Nagua, Matanza y Cabrera, Puerto Plata, San Francisco de Macorís, Samaná y Sánchez. Entre diciembre de 1999 y mayo del 2000 se registraron alrededor de 26 sismos con una magnitud de entre 2.6 y 4.6 grados en la escala de Richter. (DESASTRES, 2000)

República Dominicana se encuentra dividida en dos zonas de actividad sísmica dependiendo del nivel de actividad que presentan. Estas zonas son: Zona de alta sismicidad (I) y zona de mediana sismicidad (II). (DGRS, 1979)



Mapa de zonificación sísmica, DGRS

PROPIEDADES FISICOMECAICAS DEL FERROCEMENTO

Para Que una vivienda de ferrocemento presente resistencia sísmica, sus elementos estructurales deberán poseer suficiente integridad, resistencia y rigidez, garantizando de esta manera una transferencia de carga adecuada hasta sus cimientos, de una manera económica y segura. Toda estructura prefabricada de ferrocemento debe ser diseñada y construida de manera que logre soportar las cargas muertas, vivas, de viento y de sismo, establecidas en las normas de diseño y sismo resistentes de cada país. (Bedoya, 2005)

COMPORTAMIENTO A LA TRACCION

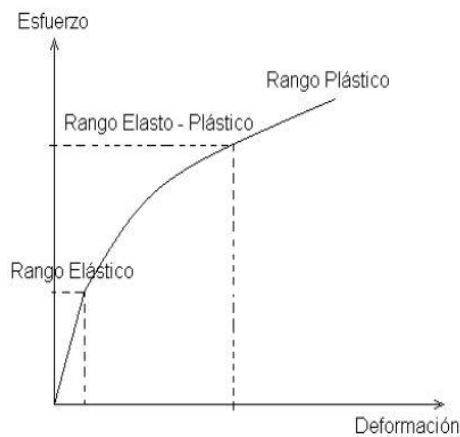
Al igual que el hormigón el mortero posee poca resistencia a la tracción, pero debido a la gran cantidad de acero y a su gran dispersión que tiene este, su resistencia aumenta. En elementos de ferrocemento sometidos a esfuerzos de tracción, tienen tres estados que estudian su

comportamiento, dependiendo del tipo de carga que se le aplique en las probetas. (Villegas, 2005)

Rango Elástico: El elemento se comporta como un material homogéneo, trabaja en el rango elástico y no aparecen grietas en ella. (Villegas, 2005)

Rango Elasto-Plástico: Este es un rango de transición entre el rango Elástico-Plástico, en donde empiezan aparecer pequeñas grietas en el elemento y acelera el crecimiento cuanto mayor sea el número de grietas. (Villegas, 2005)

Rango Plástico: En este rango el material trabaja a su máxima capacidad, pero llega un momento que falla por fatiga debido al aumento del tamaño de grietas, hasta que el acero llega a su punto de quiebre. (Villegas, 2005)



RANGO	ANCHO FISURAS (micras)
Elástico	0 - 20
Elasto - Plástico	20 - 50
Plástico	50 - 100

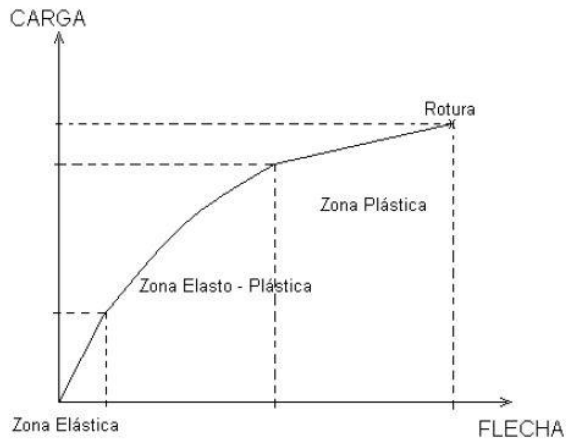
Comportamiento a tracción del ferrocemento, (Hugo Wainshtok, citado en Villegas, 2005)

COMPORTAMIENTO A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión es directamente proporcional al área transversal del mortero. Esta resistencia depende del grado de homogeneidad entre la malla y el mortero. (Villegas, 2005)

COMPORTAMIENTO A LA FLEXION

Al igual que el comportamiento a tracción esta tiene 3 zonas diferentes dependiendo a la deformación que tenga el elemento. (Villegas, 2005)



Comportamiento a flexión del ferrocemento (Hugo Wainstok, citado en Villegas, 2005)

Zona Elástica: El material se comporta elásticamente hasta que aparecen pequeñas grietas dando lugar a la disminución de la rigidez. (Villegas, 2005)

Zona Elasto-Plástico: en esta etapa las fisuras aumenta progresivamente al igual que su ancho. (Villegas, 2005)

Zona Plástica: el material se comporta de una manera no lineal en el cual hay un aumento repentino del ancho y tamaño de las grietas finalizando con la rotura de los elementos dado esto toda la carga de tracción es tomada por el acero. (Villegas, 2005)

Existe una diferencia entre las grietas del ferrocemento y la del hormigón armado, la cual es que las grietas del ferrocemento son más numerosas y tienen menor ancho. (Villegas, 2005)

COMPORTAMIENTO AL AGRIETAMIENTO

Ya que el ferrocemento está formado por unas armaduras de mallas con pequeñas celdas, las cuales están colocadas a cortas distancias, esto permite que cuando se le va aplicar vibraciones al mortero para compactarlo, dichas mallas ayudan al proceso de vibración, dado esto el ferrocemento tiene una gran resistencia a la aparición de grietas. (Villegas, 2005)

RESISTENCIA AL IMPACTO

El estudio de esta característica del ferrocemento se ha basado en los resultados obtenidos sobre el uso de este en embarcaciones. El tipo de falla que se produce cuando se imparte el ferrocemento es localizada y se puede hacerse una fácil reparación. (Villegas, 2005)

DURABILIDAD Y CORROSION

Dado que el espesor de recubrimiento del ferrocemento es menor que en el hormigón, el agente corrosivo tiene más facilidad para llegar al acero y debilitarlo. También el área total de acero en el hormigón es menor que en el ferrocemento, entonces en el caso que exista corrosión los elementos de ferrocemento se ven más afectados que los de hormigón. (Villegas, 2005)

Algunos factores que afectan la durabilidad y corrosión en los elementos son la localización de estos, la colocación del mortero así como la compacidad. (Villegas, 2005)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FERROCEMETNO BAJO ACCION SISMICA

Las ventajas y desventajas que presenta el ferrocemento son similares a las presentadas por el hormigón armado, salvo algunas que necesitan de mayores estudios e investigaciones al respecto. (Buron, 1995)

Entre las ventajas que menciona el Dr. Buron, en “Análisis de un edificio de ferrocemento considerando los criterios para minimizar los efectos de un terremoto”, podemos mencionar:

Estructuras con elevado amortiguamiento interno.

Adecuado control de deformaciones horizontales.

Las Estructuras presentan una gran reserva de energía lo que permiten su recuperación estructural después de ser sometidas bajo acciones severas.

Estructuras de periodos bajos con poca influencia de los efectos secundarios P y Δ

Su bajo periodo de vibración permite estructuras con buen comportamiento emocional de las personas.

Así mismo este material presentara desventajas ante acción sísmica, también mencionadas por el Dr. Buron, y entre estas tenemos:

Baja resistencia a la tracción, aunque en ocasiones es mayor a la del hormigón armado.

Concentración de armadura en las uniones con tendencias a baja resistencia del mortero

Necesidad de disponer de cinturones sismo resistentes a nivel de los pisos, para proporcionar una resistencia y rigidez adecuada a los entrepisos y cubiertas de los edificios.

Se requiere la colocación de pernos entre paneles, para garantizar de una forma mecánica, el trabajo en conjunto de los paneles, que forman los tímpanos verticales de las edificaciones sometidas a acciones laterales de consideración, sobre todo cuando la obra tiene más de dos niveles.

CAPITULO II: METODOLOGIA

TIPO DE INVESTIGACION

La investigación será del tipo: Experimental y Seccional

Basándonos en el diseño propuesto por Ingeniería Sin Fronteras (ISF) (Diseño original pertenece a ECOSUR)(ver anexos), realizaremos un modelo virtual para analizar el comportamiento del material antes cargas sísmicas, así mismo realizaremos ensayos para determinar la resistencia de los paneles de ferrocemento sometidos a carga de compresión y tracción, poniendo en práctica todo lo estudiado anteriormente para de esta manera tener una prueba física de las propiedades de una vivienda de ferrocemento.

Además, realizaremos un análisis de costo y tiempo, para el modelo propuesto por ISF, tanto en ferrocemento como en hormigón armado, para así determinar cual nos brinda una solución al problema actual de la vivienda como respuesta inmediata ante un desastre.

Toda la información a recolectar sobre la respuesta sísmica será obtenida mediante un análisis cuasi estático, a partir de modelo virtual en Etabs.

HIPOTESIS

1. El ferrocemento es un material factible para la construcción de viviendas de bajo costo, en poco tiempo y sismo resistentes.

VARIABLES

- Costo de la vivienda: es el gasto total que conlleva la construcción de la vivienda propuesta.
- Tiempo de construcción: es el periodo total necesario para realizar la construcción de la vivienda propuesta.

- Resistencia de los paneles: capacidad de los paneles de ferrocemento de soportar cargas de compresión y tracción antes de romperse.
- Sismo resistencia del modelo: se refiere a los desplazamientos que sufre ante una frecuencia aplicada.
- Proceso constructivo: es el modo de realización de los paneles y del modelo

Variables	Indicador	Muestra	Técnica e Instrumentos
Costo total de la vivienda	RD \$	1.- Modulo propuesto por ISF. (diseño ECOSUR) 2. Vivienda de ferrocemento (ISF)	Técnica: Cuantificación y cotización. Instrumentos: Presupuesto elaborado con Presto
Tiempo de construcción	Días	1.- Modulo propuesto por ISF. (diseño ECOSUR)	Instrumentos: Programación elaborada en M. Project
Resistencia de la materia prima de los paneles (tracción y compresión)	MPa	1.- tres probetas de mortero 2.- tres barras de acero de ¼" G40	Técnica: Observación Instrumento: Maquina de Compresión y Tracción
Sismo-resistencia del modelo	Unidades de longitud	Modelo virtual	Técnica: Observación Instrumentos: Etabs
Proceso Constructivos			Técnica: Observación Instrumentos: Video y fotografía

NOTA: Todas las muestras son dirigidas

CAPITULO III: RECOLECCION DE DATOS Y RESULTADOS

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PANEL DE FERROCEMENTO

Aunque no basamos nuestra investigación en cómo se realizan los paneles, creemos necesario una breve explicación del procedimiento constructivo de estos.

Para la fabricación de los mismos, se necesita inicialmente unos moldes prefabricados de forma rectangular de hormigón armado a nivel de piso. Sobre este se colocara la malla de refuerzo junto con las 4 varillas ya sean de $\frac{1}{4}$ y de $\frac{3}{8}$ en los extremos superiores e inferiores.

Detalle de malla y colocación de acero en los paneles



Moldes para la fabricación de paneles

Como ya sabemos un panel de ferrocemento

está hecho mortero¹ (arena y cemento). De acuerdo a la dosificación utilizada por el único fabricante del que tenemos conocimiento y que está localizado en la ciudad de San Francisco de Macorís, la dosificación a utilizar es de 2 cubetas de arena, por una cemento y $\frac{3}{4}$ de agua

¹ Este mortero de acuerdo a WWW.ecosur.org, es mas bien una especie de micro hormigón ya que la arena debe tener una graduación que vaya hasta 2 mm. de un 30% a un 35%, de 2 a 5 mm. hasta un 40 %, y entre 5 y 7.5 mm de un 30 a un 35%.

potable, siendo este un mortero tipo “S” según la ASTM c-270. Utilizando una maquina vibradora, vertimos el mortero sobre la malla de refuerzo ya colocada en el molde, vibrándola al mismo tiempo, haciendo así que tenga una resistencia mayor.



Maquina vibradora

Una vez vaciados los paneles, se dejan un día en los moldes, asegurándonos de cubrirlos bien con plásticos para evitar al máximo la evaporación del agua contenida en el panel, y así evitar desviaciones en la relación agua cemento de la matriz del mortero; luego son retirados y almacenados (donde se les riega agua dos veces al día), hasta pasar los 28 días cuando obtienen su máxima resistencia.



Almacenamiento de paneles

Los paneles pueden ser utilizados como vigas, paredes y para cubiertas. La diferencia entre ellos es únicamente el peralte de los mismos. Todos ellos podrán tener una longitud de entre 1.25 a 5 metros, dependiendo del uso que se le quiera dar.

RESISTENCIA MEDIDA

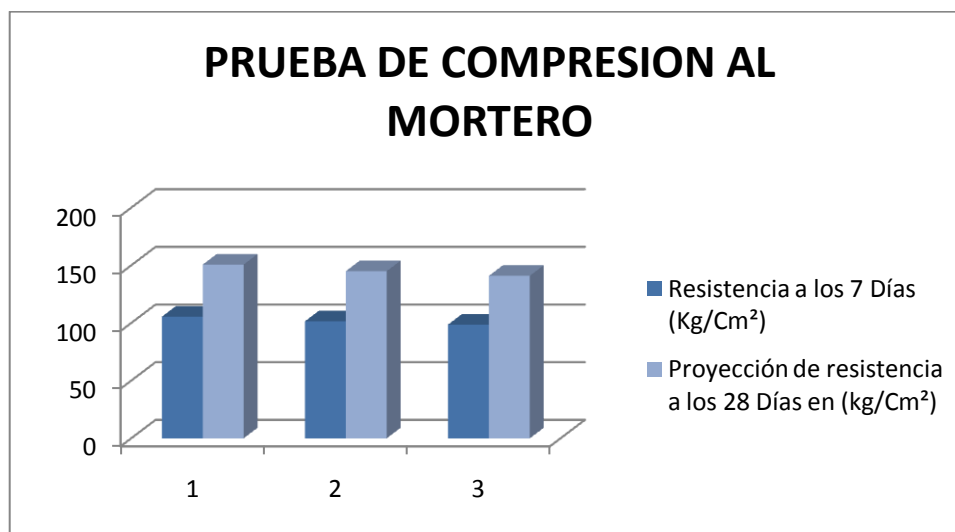
Algo básico para poder proponer el panel de ferrocemento como material, es tener el valor de resistencia a la compresión y a la tensión de cada uno de los elementos utilizados en la fabricación del mismo.

Realizamos una prueba de compresión al mortero utilizado, con la dosificación propuesta por la fábrica en San Francisco de Macorís.

La resistencia a compresión en sí, del panel, es directamente proporcional al área transversal del mortero. Esta resistencia depende de la calidad de mortero y la homogeneidad de este elemento con el acero.

En el laboratorio de suelo del INTEC, realizamos una mezcla con estas especificaciones, utilizando un cemento pórtland tipo I y arena Itabo. Realizamos 3 probetas, a las cuales le realizamos ensayos de compresión a los 7 días obteniendo el 70% de la resistencia total de esta mezcla. Las probetas utilizadas tiene una altura de 35 cms y un área circular de 182.32 cms². Realizamos una proyección a los 28 días, obteniendo la resistencia máxima de este mortero.

PRUEBA DE COMPRESION		
PROBETA	Resistencia a los 7 Días (Kg/Cm ²)	Proyección de resistencia a los 28 Días en (kg/Cm ²)
1	105.4686266	150.6694666
2	101.4813515	144.9733591
3	98.650724	140.9296957



Según la norma ASTM C-270, y observando los resultados obtenidos en las pruebas de compresión realizadas en nuestro laboratorio, este mortero es tipo S.

Tipo de Mortero	Resistencia a compresión (MPa)	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a compresión (p.s.l.)	Cemento Portland	Cemento albanilería	Cal	Agregado fino suelto
M	17.2	175	2.500	1 1	1 -	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizados
S	12.4	126	1.800	0.5 1	1 -	0.25 a 0.50	
N	5.2	53	750	- 1	1 -	0.5 a 1.25	
O	2.4	25	350	- 1	1 -	1.25 a 2.50	
K	0.5	5	75	1	-	2.50 a 4.00	

Clasificación de los tipos de mortero según su resistencia a los 28 días. Norma ASTM C-270.

La resistencia esperada de este tipo de mezcla era de 160 kg/cm² a los 28 días, en cambio, nuestra resistencia proyectada a los 28 días solo alcanzo un total de 145.53 kg/cm². Esto nos da un porciento en defecto de 9.04375 %, es decir, que nuestro mortero esta 14.47 kg/cm² por debajo de lo que esperado para esta mezcla, aunque esto no es de gran relevancia ya que estos paneles no están supuesto a trabajar bajo grandes cargas de compresión.

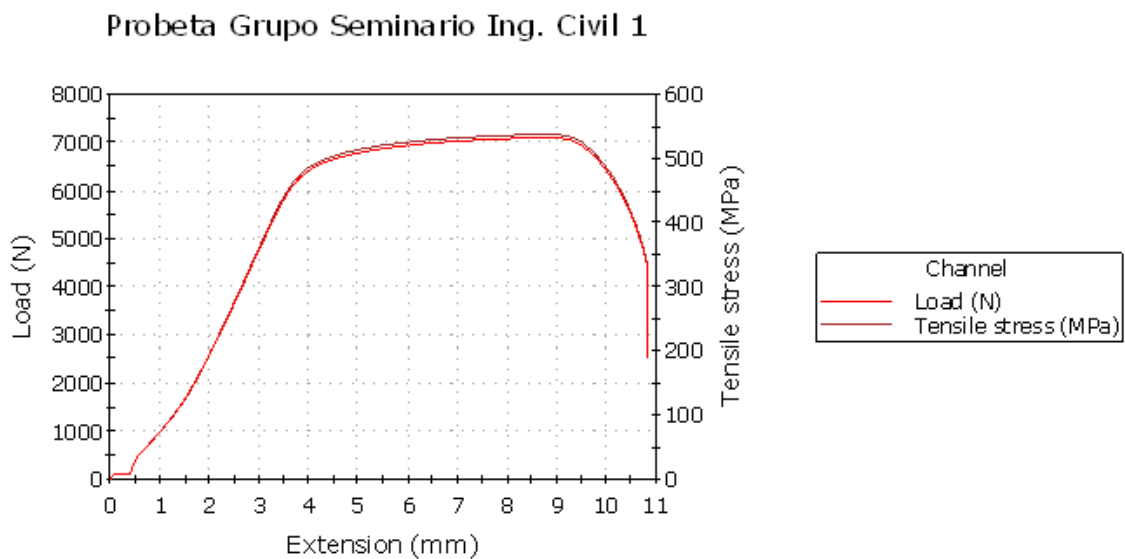
MORTEROS DE CEMENTO Y ARENA					
Morteros de cemento y arena					
Tipo de mortero	Proporción en volumen		kg cemento por m ³ de mortero	Empleo	Resistencia kg/cm ²
	Cemento	Arena			
Ricos	1	1	800	Bruñidos y revoques impermeables.	160
	1	2	600	Enlucidos, revoque de zócalos, corrido de cornisas	
	1	3	450	Bóvedas tabicadas, muros muy cargados, enlucidos de pavimento, enfoscados.	
Ordinarios	1	4	380	Bóvedas de escalera, tabiques de rasilla.	130
	1	5	300	Muros cargados, fábrica de ladrillos, enfoscados.	98
Pobres	1	6	250	Fábricas cargadas.	75
	1	8	200	Muros sin carga.	50
	1	10	170	Rellenos para solado.	30

Datos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Según datos de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Castilla-La Mancha, España, podemos clasificar nuestro mortero como tiempo RICO debido resistencia demostrada en las pruebas de compresión.

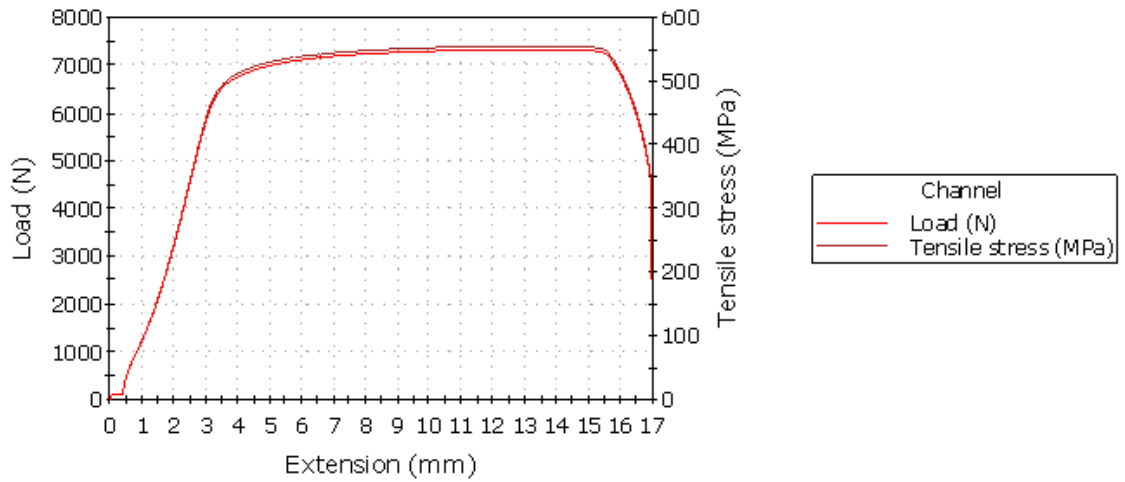
Así mismo, no conforme con los resultados de resistencia de las varillas a utilizar en la fabricación de los paneles dada por los fabricantes, realizamos una prueba de tensión a las varillas de $\frac{1}{4}$ de grado 40, ya que son las más posibles a utilizar en la fabricación.

Utilizando la máquina de prueba de tensión, facilitada por la universidad INTEC en el laboratorio de Materiales, con una velocidad de 5 mm/min, obtuvimos los siguientes resultados de las 3 muestras:



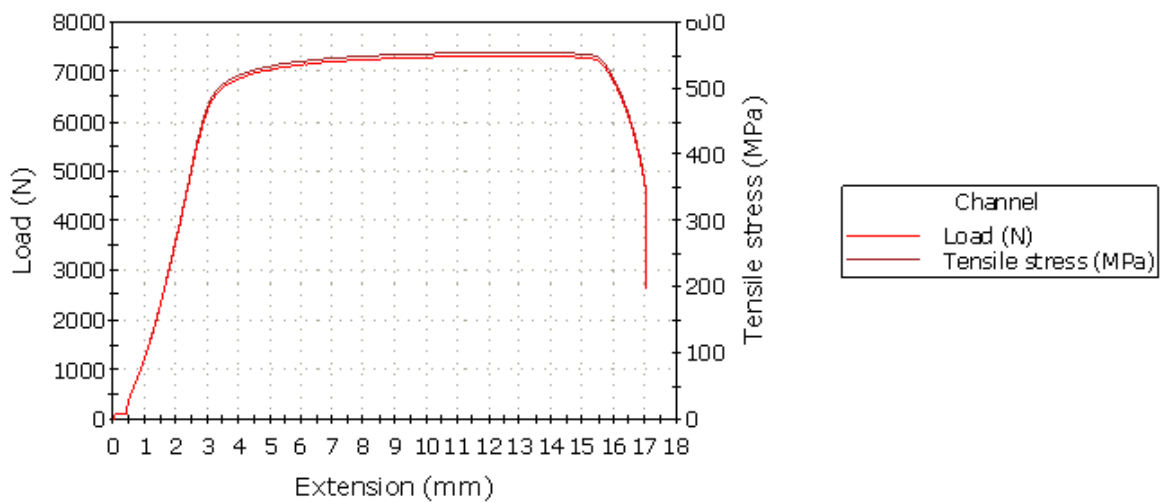
Muestra 1

Probeta Grupo Seminario Ing. Civil 2



Muestra 2

Probeta Grupo Seminario Ing. Civil 3



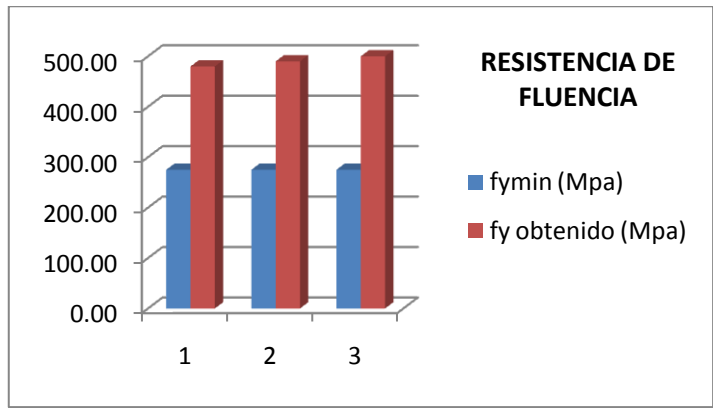
Muestra 3

A partir del ensayo realizado y con las curvas obtenidas, obtuvimos los siguientes resultados:

		MUESTRAS		
		1	2	3
Fuerza rotura	(N)	4459.6512	4485.3933	4496.9294
Deformación rotura	(mm/mm)	0.0280	0.0440	0.0442
Elongación rotura	(mm)	10.7916	19.9252	17.0000
Esfuerzo rotura	(MPa)	337.7873	339.7371	340.6109
Fuerza máxima	(N)	7090.6162	7319.7141	7312.6643
Deformación máxima	(mm)	8.6916	13.2002	12.6252
Elongación máxima	(mm/mm)	0.0226	0.0343	0.0328
Esfuerzo máximo	(MPa)	537.0644	554.4167	553.8830
Esfuerzo fluencia	(MPa)	480.0000	490.0000	500.0000

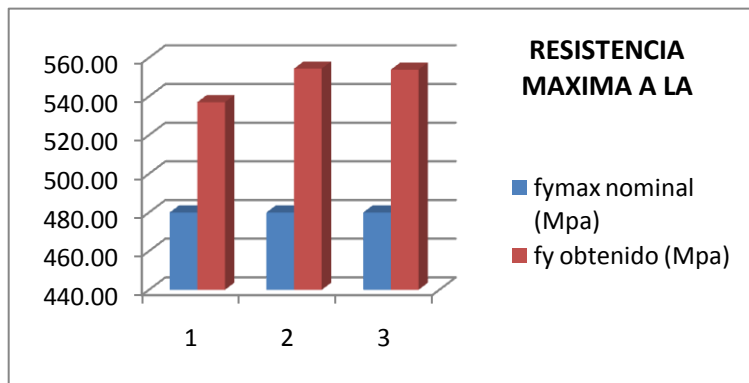
Para dar una respuesta a si estas varillas utilizadas poseen la resistencia mínima requerida y establecida en la norma ASTM A615, comparamos los esfuerzos de fluencia y esfuerzos de rotura de cada una de las muestras ensayadas con los requeridos por la norma.

RESISTENCIA DE FLUENCIA		
MUESTRA	Fymin (Mpa)	Fy obtenido (Mpa)
1	275.00	480.00
2	275.00	490.00
3	275.00	500.00



RESISTENCIA MAXIMA A LA TENSION		
MUESTRA	Fymax nominal (Mpa)	Fy obtenido (Mpa)
1	480.00	537.06
2	480.00	554.42
3	480.00	553.88

fymax nominal: es la resistencia máxima a la tensión mínima requerida por norma ASTM A615



Podemos concluir con los resultados anteriores que el acero utilizado en los paneles de ferrocemento, cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la Norma ASTM A 615.

Con estos resultados, tanto de la prueba a compresión como a tensión, comprobamos que ambos materiales son adecuados para la fabricación del los paneles.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA EN FERROCEMENTO

El procedimiento constructivo del modelo de vivienda proporcionado por ISF lo describiremos paso a paso, una vez que se tienen los paneles ya listos para comenzar la construcción. El modulo básico tendrá un área de 9.73 m², consta de 29 paneles de ferrocemento, colocados sobre las vigas prefabricadas del mismo material. Los paneles podrán construirse desde 1.25 a 5.00 metros de longitud, los paneles utilizados tienen una dimensión de 2.50 metros de longitud para los muros y de 1.25 para los muros donde se colocaran ventanas. Una sección transversal de 0.40 x 0.08 para los paneles a utilizar como muro y de 0.40 x 0.15 para los paneles a utilizarse como vigas.



Modulo de la vivienda propuesta

El procedimiento constructivo de una vivienda de ferrocemento es sumamente fácil, ya sean como vigas, como muros o como cubierta que se utilicen.

La modulo que proponemos cuenta con una platea de fundación, elegimos esta ya que esta nos sirve como fundación y al mismo tiempo como el piso de la vivienda. Sobre esta se colocara la viga prefabricada con ferrocemento en toda la longitud del modulo, y sobre estas

los paneles de ferrocemento. Tanto las vigas como los paneles se fijan entre sí con mortero. Una vez colocadas las vigas y los paneles, amarramos estos con un tornillo que sube desde la platea de fundación.

El mismo proceso utilizamos para la viga superior, en este caso amarramos con el tornillo el panel, la viga y los bajantes utilizados para la estructura de cubierta que utilizamos.

Una vez colocadas las vigas, tanto inferior como superior, y ya amarradas con el tornillo, procedemos a rellenar el espacio vacío entre los paneles y las vigas, cubriendo de paso el tornillo.

Para la estructura de cubierta, optamos por láminas de zinc apoyado sobre una estructura de madera (cercha, bajantes y correas).

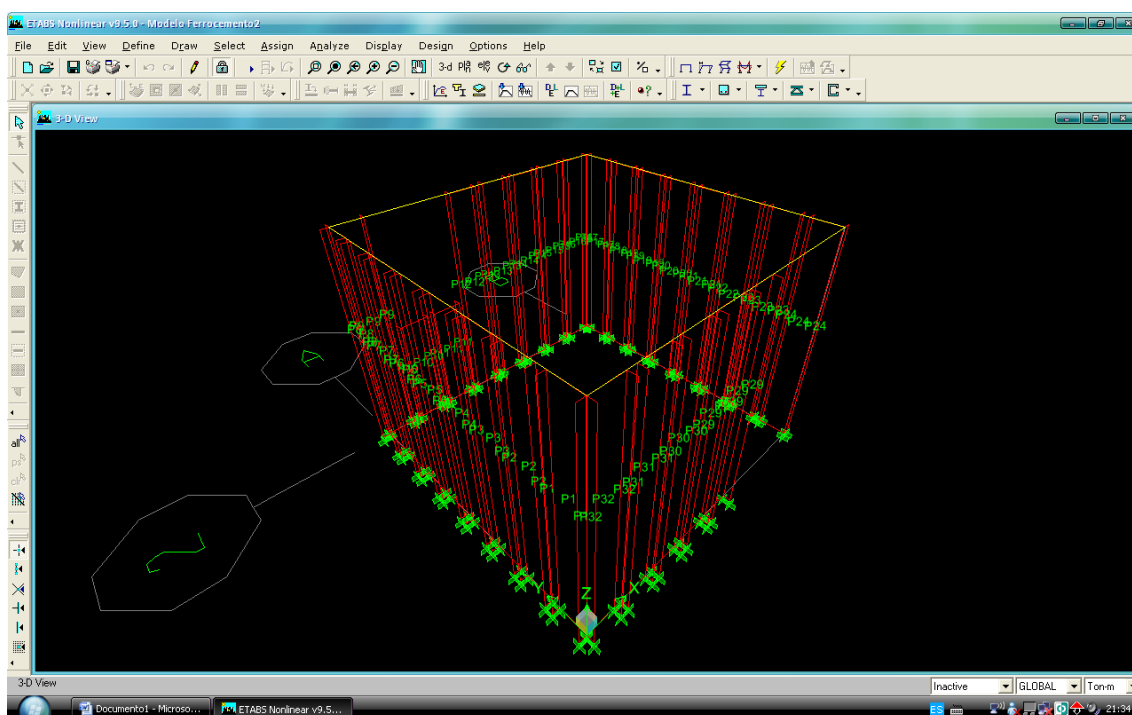
ANALISIS SISMORESISTENTE DEL MODULO

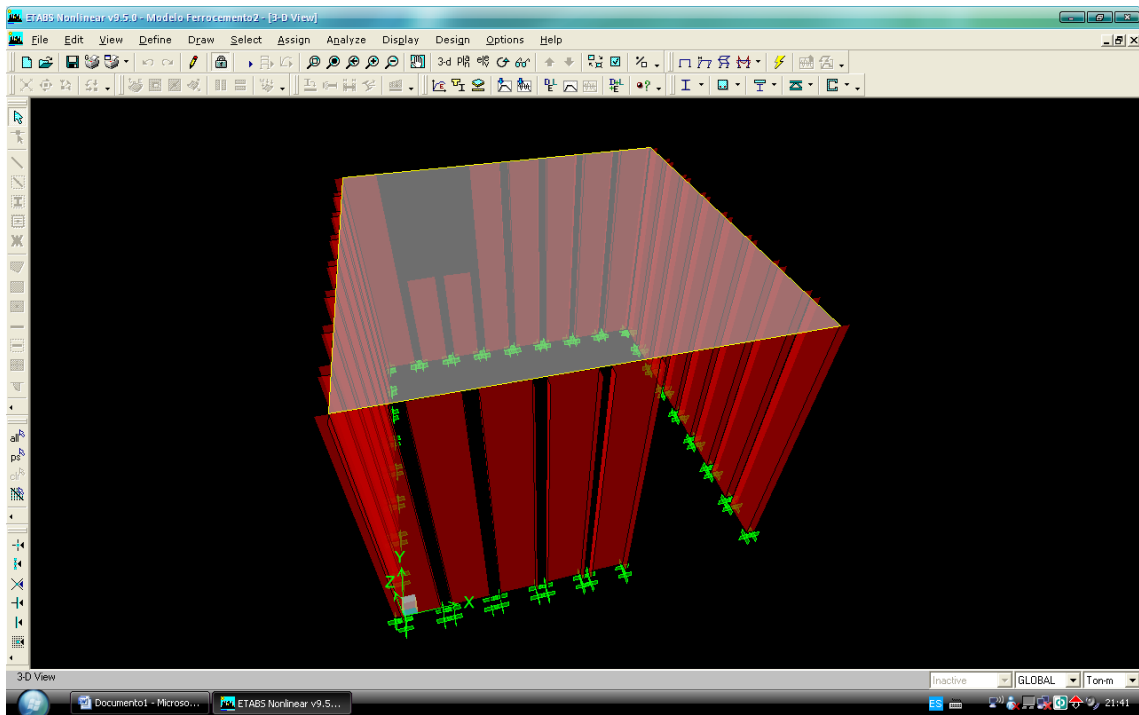
En nuestro país, que va en camino al desarrollo el acceso a una vivienda digna y segura es uno de los principales problema de nuestra sociedad. Antes esta necesidad es necesario desarrollar sistemas estructurales viables tanto en el aspecto económico como en el estructural. Esta parte de nuestra investigación, tiene como objetivo evaluar la capacidad y el comportamiento sísmico de los paneles y casas de ferrocemento, como una alternativa para la construcción de viviendas de bajo costo. Para evaluar su comportamiento sísmico se realizo un modelo estructural en un software de estructuras ETABS.

Durante la investigación se realizaron diversos ensayos para las determinaciones de las propiedades de los materiales. Tales como ensayo para la resistencia a compresión y tracción del mortero, según las normas ASTM, esta nos dice que los morteros se designan según su resistencia a compresión a los 28 días de edad, medida en N/mm².

La construcción del espécimen se llevo a cabo en Laboratorio de Suelos, INTEC, bajo supervisión de la monitora y el profesor Edgar Stefan, profesor del área de suelos en la universidad. El objetivo fundamental era obtener una respuesta característica de los paneles de pared delgada de ferrocemento, debido a la simulación del sismo en el modelo, de forma que se obtenga información para caracterizar y modelar su comportamiento de una manera más confiable.

Utilizando la configuración mostrada en la fig. Se procedió hacer el modelo en Etabs de una vivienda típica de bajo costo de ferrocemento. Este modulo representa la edificación real a construir en las diferentes partes del país.





En esta parte de la investigación se describen todos los procedimientos diseñados con la finalidad de evaluar la capacidad y el comportamiento sísmico de paneles prefabricados de ferrocemento, como una alternativa para la construcción de viviendas de bajo costo. Para evaluar su comportamiento sísmico, en el modelo se definió un espectro sísmico de república dominica, para un tipo de suelo no definido 1.35. Para esta parte se trato de hacer lo más real posible y se definieron las propiedades los materiales que componen los paneles según los ensayos hechos anteriormente y tomados de una tesis doctoral en Barcelona.

Marco de referencia para el estudio

A los efectos del análisis sísmico, las normas considera que República Dominicana se dividida en dos zonas de acuerdo a sus niveles de actividad sísmica. Estas zonas se muestran en el mapa No. 1:

I=Zona de alta sismicidad.

II = Zona de mediana sismicidad.

Como Nuestra investigación esta delimitada en Santo Domingo 2010, de acuerdo al mapa nuestra vivienda se sitúa en la zonificación tipo II.

Clasificación función o uso: De las edificaciones según su función o uso

Según la norma para análisis sísmico nuestra vivienda entra en el grupo B.

Grupo B. Construcciones que Ruedan tolerar daños no estructurales que las hagan inoperables como consecuencia de un sismo sin llegar al colapso o desplome, tales como son: bancos, hoteles, edificios de oficinas, apartamentos familiares, depósitos (almacenes), edificios públicos, restaurante.

Clasificación de las edificaciones según el tipo estructural:

Tipo V. En los casos de estructuras cuya clasificación en uno de los grupos anteriores no esté definida claramente, primará el criterio del DNRS/SEOPC.

ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS:

1 Criterios Generales.

1.1 Las estructuras se analizarán separadamente para dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales.

1.2 Se establecerán tres procedimientos fundamentales de análisis sísmico: método simplificado, método cuasi-estático y método dinámico.

1.3 El análisis modal y el de paso a paso se aceptarán como métodos dinámicos.

1.4 Para la determinación de los efectos críticos en la estructura, se sumaran vectorialmente los efectos de cargas gravitacionales, (carga muerta y sobrecargas) y las producidas por una componente del movimiento del terreno, amplificadas por los coeficientes correspondientes según los códigos previstos por la Sección 7.11.

1.5 En los métodos de análisis cuasi-estático y dinámico, deberán tomarse en cuenta las torsiones y momentos de vuelco que se desarrollan en cada piso.

2 Selección del tipo de análisis.

2.1 Método simplificado. Este procedimiento se podrá aplicar a las estructuras que cumplan con las siguientes condiciones.

2.1.1 Las estructuras del tipo 11. -A ó 11 -B con un número de pisos menor o igual que (4) cuatro.

2.1.2 En cada nivel, la longitud total de apoyo de losas sobre los muros de cargas, en la dirección del análisis, debe ser mayor que el 50% de la longitud total máxima posible de la losa en la dirección considerada.

2.1.3 La relación entre la altura del edificio y su dimensión mínima en planta no debe exceder de 1.5.

2.1.4 En el caso de estructura del tipo 11 -B, la relación entre la altura de entrepiso y el espesor del muro de carga no debe exceder de 20.

2.2. Método cuasi-estático. Este método se aplicará a las estructuras de menos de 15 pisos o de 45 metros de altura y que no cumplan con los requisitos establecidos en la Sección 2.1.

2.3 Método dinámico. Este método se aplicará a las estructuras que no cumplan con los requisitos de las Secciones 2.1. y 2.2. Y aquellos edificios de forma irregular o con grandes diferencias de rigideces entre pisos adyacentes así como también a estructuras con diseños considerados como extraordinarios a juicio del DNRS/MOPC.

3. Solicitaciones sísmicas.

Espectro. En los métodos de análisis sísmico que sea aplicable, se utilizará el siguiente espectro:

$C=0.4$ –para $T > 0.5$ sc.:gundos

$C= 0.635$ para < 0.5 segundos.

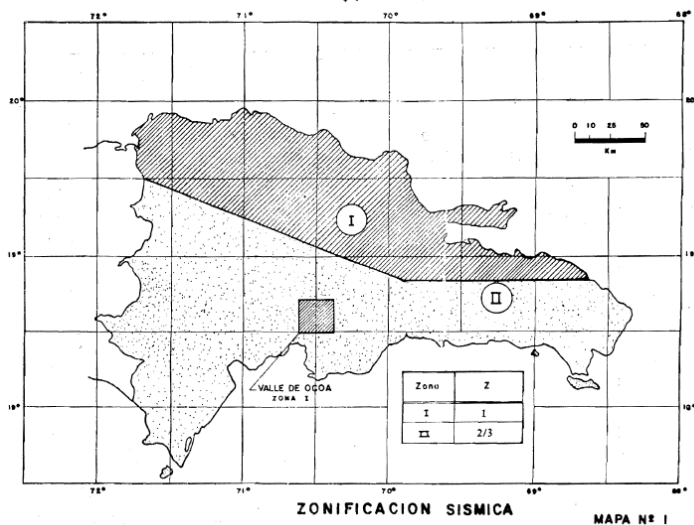
3.1 Coeficiente de corte basal.

El coeficiente de corte basal "Cb" tiene la siguiente expresión general

$$C_b = \frac{Z U S C}{R_d}$$

El coeficiente de corte basal "Cb" no será menor que 0.03

El coeficiente de zonificación sísmica z, se tomará de acuerdo con el mapa de la siguiente fig.:



ZONA	Z
I	1
II	2/3

El coeficiente U se tomará de acuerdo con la tabla siguiente:

TABLA No. 11

EDIFICIO GRUPO	U
A	1.30
B	1.00
C	0.75

Los valores coeficiente de sitio "S" se tomaran de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA No. 111

TIPO DE SUELO	PROPIEDADES	S
1	Suelos de rocas cristalinas o firmes derivados de rocas igneas y metamórficas.	1.00
2	Suelos derivados de depósitos sedimentados de origen marino	1.20
3	Suelos aluvionales recientes de origen mezclado	1.50
4	Suelos no definidos.	1.35

3.2 Espectro

Espectro de Rep. Dom. Suelo no definido 1.35

Periodo	Aceleraciones	0.95	0.5588	1.95	0.346
	0.635	1.00	0.54	2.00	0.3402
0.05	0.635	1.05	0.5227	2.05	0.3346
0.10	0.635	1.10	0.5068	2.10	0.3293
0.15	0.635	1.15	0.492	2.15	0.3242
0.20	0.635	1.20	0.4782	2.20	0.3192
0.25	0.635	1.25	0.4654	2.25	0.3145
0.30	0.635	1.30	0.4533	2.30	0.3099
0.35	0.635	1.35	0.4421	2.35	0.3055
0.40	0.635	1.40	0.4315	2.40	0.3012
0.45	0.635	1.45	0.4215	2.45	0.2971
0.50	0.635	1.50	0.4121	2.50	0.2932
0.55	0.635	1.55	0.4032	2.55	0.2893
0.60	0.635	1.60	0.3947	2.60	0.2856
0.65	0.635	1.65	0.3867	2.65	0.282
0.70	0.635	1.70	0.3791	2.70	0.2785

0.75	0.635	1.75	0.3719	2.75	0.2751
0.80	0.6266	1.80	0.3649	2.80	0.2718
0.85	0.6018	1.85	0.3583	2.85	0.2686
0.90	0.5793	1.90	0.352	2.90	0.2655
				2.95	0.2625
				3.00	0.2596

3.3 Coeficiente de reducción por capacidad de carga

El coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía "Rd" dependerá del tipo de estructura y sus valores se tomarán de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA No. IV

TIPO ESTRUCTURAL	d_i	R_d
I	-	7.0
II-A	< 0.10	5.0
	≥ 0.10	4.5
II-B	< 0.10	4.0
	≥ 0.10	3.5
III	-	6.5
IV	-	1.5

El período de vibración de la estructura "T" para calcular el coeficiente sísmico espectral, se calculará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{K_0 H}{\sqrt{D_s}} \quad (\text{segundos})$$

Los valores de K_0 , para H y D_5 , expresados en metros, se tomarán de la tabla siguiente:

TABLA No. V

TIPO ESTRUCTURAL	d_i	K_0
I	-	0.13
II	< 0.10	0.09
	≥ 0.10	0.07
III	-	0.09

El cortante basal mínimo, de acuerdo con 6.5.2.3 y 6.5.2.4, tendrá la siguiente expresión:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^N F_i$$

4. Limitación desplazamiento horizontal.

4.1 El desplazamiento relativo elástico entre dos puntos situados en una misma vertical separados por una distancia "h" y calculado según la Sección 6.5.1.18. no será mayor que 0.008 h. En aquellas edificaciones donde los elementos no estructurales no sufren daños por las deformaciones de la estructura, se podrá ampliar este límite a 0.016 h.

Conceptos

K_0 Coeficiente que depende del tipo estructural elegido para la determinación del período fundamental de la estructura.

C = Coeficiente sísmico espectral.

C_b = Coeficiente de corte basal.

C_d = Factor de ampliación del desplazamiento lateral.

R_d = Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía

NM = Números de módulos considerados

RM = Respuestas modales en el análisis dinámico

Γ = Período de vibración de la estructura en segundos.

U = Coeficiente que estructura depende de la función o uso de la

V = Cortante basal.

CORTANTE BASAL (ANÁLISIS CUASIESTÁTICO)

DATOS		
Uso:	Apartamentos	
Ubicación :	Santo Domingo	
No. De Pisos :	1,00	(Seis)
Altura de 1er Entrepiso :	2,95	m
Altura otros entrepisos :	-	m
Altura Total de Edificio :	2,95	m
Tipo de Suelo :	No Definidos	

VERIFICACION	LIMITACIONES
METODO CUASISTATICO	
$h = 3 < 45.00 \text{ m}$	OK
No. de Pisos= 1 <15 niveles	OK

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE CORTE BASAL

$Z = 2/3$	(Zona II)
$U = 1,00$	(Grupo B)
$S = 1,35$	No Definidos
$R_d = 2$	(Tipo II-B)
$g = 9,81$	m/s ²
$S_f = 3,27$	

DETERMINACION DE PERIODOS

T x-x		
$K_o =$	0,09	(Tipo II-B)
$H =$	2,95	m
$D_s =$	3,12	m
$T_{x-x} =$	0,15	seg
T y-y		
$K_o =$	0,09	(Tipo II-B)

H =	2,95	m
Ds =	3,12	m
T y-y =	0,15	seg

COEFICIENTE SISMICO ESPECTRAL		
C x-x =	0,635	(T x-x < 0.5 seg)
C y-y =	0,635	(T y-y < 0.5 seg)

COMPROBACION DEL PRODUCTO C x S				
C x-x . S =	0,857	>	0,635	usar 0.635
C y-y . S =	0,857	>	0,635	usar 0.635

COEFICIENTE DE CORTE BASAL				
Cb x-x =	0,212	>	0,03	OK
Cb y-y =	0,212	>	0,03	OK

CARGA PERMANENTE TOTAL	
	<u>5.77</u>
CARGA VIVA	φ

Entrepisos	0,15	
Techo	0,1	1,02
Totales		0,10

CARGA TOTAL DE EDIFICIO	5.82	to
--------------------------------	-------------	-----------

CORTANTE BASAL

V_{x-x} =	1.24	to	65,00%	0.81
--------------------------	------	-----------	--------	------

V_{y-y} =	1.24	to	65,00%	0.81
--------------------------	------	-----------	--------	------

DESPLAZAMIENTOS

Altura de Entrepisos [m] =	2,50
Cd =	5,4
Máximo Permissible (0.008 x h)	0,00370 OK

MAXIMOS TOTALES	0,000003	0,000003
------------------------	-----------------	-----------------

DESPLAZAMIENTOS (DERIVA -drift-) MAXIMOS POR COMBINACIONES								
Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
STORY1	Max Drift X	DEAD	957	3,3	0	2,5	0	

STORY1	Max Drift Y	DEAD	912	1,6	3,3	2,5		0
STORY1	Max Drift X	LIVE	986	3,2	3,2	2,5	0	
STORY1	Max Drift Y	LIVE	986	3,2	3,2	2,5		0
STORY1	Max Drift X	LIVET	957	3,3	0	2,5	0	
STORY1	Max Drift Y	LIVET	912	1,6	3,3	2,5		0
STORY1	Max Drift X	EX	912	1,6	3,3	2,5	0,000003	
STORY1	Max Drift Y	EX	967	3,3	1,6	2,5		0,000001
STORY1	Max Drift X	EY	913	1,6	3,3	2,5	0,000001	
STORY1	Max Drift Y	EY	967	3,3	1,6	2,5		0,000003

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0,017547	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	0
2	0,017546	0	99,9909	0	100	99,9909	0	99,9909	0	0,0095	99,9909	100	0,0095
3	0,013799	0	0,0091	0	100	100	0	0,0091	0	99,9905	100	100	100
4	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
5	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
6	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
7	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
8	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
9	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
10	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
11	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100
12	0,000285	0	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	100

Numero de piso

Maximo Permissible (0.1 xNp) **OK**

Periodo 0,1

Sum UX OK

Sum UY OK

98

ETABS v9.5.0	File:MODELO	FERROCEMENTO2	Units:Ton-m						
SUMMARY T DATA -									
OUTPU GEN ERAL REINFORCI NG PIER SECTI						ACI			
Story	Pier	Station	Pier	D/C		Pi	er	Shear Av	B-Zone
Label	Label	Location	Section	Ratio		L	eg	cm^2/m	Length
STORY1	P1	Top	MFERRO	0,3326	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02

					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,4563	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P2	Top	MFERRO	0,1548	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0742	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P3	Top	MFERRO	0,0234	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0083	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02

					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P4	Top	MFERRO	0,0397	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0137	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P5	Top	MFERRO	0,0561	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0195	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02

STORY1	P6	Top	MFERRO	0,059	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,022	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P7	Top	MFERRO	0,0496	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0216	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02

STORY1	P8	Top	MFERRO	0,1295	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0159	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P9	Top	MFERRO	0,1108	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02

					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0216	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P10	Top	MFERRO	0	Top	Leg	1	0,635	Not Needed
					Top	Leg	2	0,635	Not Needed
					Top	Leg	3	0,635	Not

									Needed
		Bottom	MFERRO	0,004	Bot	Leg	1	0,635	Not Needed
					Bot	Leg	2	0,635	Not Needed
					Bot	Leg	3	0,635	Not Needed
STORY1	P11	Top	MFERRO	0	Top	Leg	1	0,635	Not Needed
					Top	Leg	2	0,635	Not Needed
					Top	Leg	3	0,635	Not Needed
		Bottom	MFERRO	0,004	Bot	Leg	1	0,635	Not Needed

					Bot	Leg	2	0,635	Not Needed
					Bot	Leg	3	0,635	Not Needed
STORY1	P12	Top	MFERRO	0,1052	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0713	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02

									02
STORY1	P13	Top	MFERRO	0,0922	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0684	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P14	Top	MFERRO	0,0955	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0718	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02

					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P15	Top	MFERRO	0,0932	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0698	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P16	Top	MFERRO	0,0726	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0454	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02

STORY1	P17	Top	MFERRO	0,0554	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0335	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P18	Top	MFERRO	0,0062	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0118	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P19	Top	MFERRO	0,0069	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02

					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0112	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P20	Top	MFERRO	0,0119	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0111	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P21	Top	MFERRO	0,0108	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0112	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02

					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P22	Top	MFERRO	0,0135	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0124	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P23	Top	MFERRO	0,0195	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,0153	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02

STORY1	P24	Top	MFERRO	0,2	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,6257	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
STORY1	P29	Top	MFERRO	0,3759	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
					Top	Leg	4	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	5	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	6	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,5447	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02

					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02
					Bot	Leg	4	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	5	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	6	0,635	4,80E-02
STORY1	P30	Top	MFERRO	0,5791	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,792	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,537	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,775	4,80E-02
STORY1	P31	Top	MFERRO	0,6261	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,834	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,6267	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02

					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,816	4,80E-02
STORY1	P32	Top	MFERRO	0,4761	Top	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Top	Leg	3	0,635	4,80E-02
		Bottom	MFERRO	0,5048	Bot	Leg	1	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	2	0,635	1,20E-02
					Bot	Leg	3	0,635	4,80E-02

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR FREQ (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.01755	56.99031	358.08070
Mode 2	0.01755	56.99157	358.08857
Mode 3	0.01380	72.47037	455.34476

STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
STORY1	EX	X	0.0008	0.0008	1.018
STORY1	EX	Y	0.0003	0.0003	1.062
STORY1	EY	X	0.0003	0.0003	1.058
STORY1	EY	Y	0.0009	0.0008	1.022

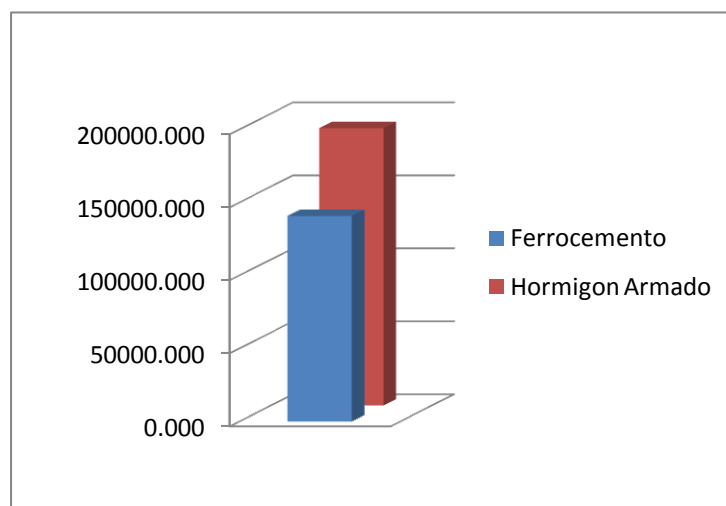
COSTOS DE LA VIVIENDA

La investigación realizada esta basada en la construcción de una vivienda de bajo costo, por tanto es imprescindible que realicemos un análisis extensivo para conocer así el precio de construcción del sistema propuesto. Como planteamos la utilización de un material alternativo al hormigón armado, como lo es el ferrocemento, realizamos un presupuesto para cada uno de los sistemas constructivos.

Para esto utilizamos como herramienta el programa PRESTO, junto con las cotizaciones buscadas a la fecha en el país.

Cabe decir que no hemos incluido en los presupuestos las instalaciones sanitarias ni eléctricas, es decir nos hemos reducido al costo de la obra gris.

La comparación entre ambos la hicimos inicialmente con el modulo propuesto, obteniendo como resultado, que la vivienda de hormigón armado tendrá un costo de RD\$190,032.2670 y la vivienda de ferrocemento un costo de RD\$140,838.92, como se detalla a continuación:



PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 0 Modulo ferrocemento									
SUBCAPÍTULO 0.1 Costos Directos									
APARTADO 0.1.1 Obra Civil									
SUBAPARTADO 0.1.1.1 Preliminares									
01.01.0011	m2 Replanteo						9,73	1,17	11,38
TOTAL SUBAPARTADO 0.1.1.1 Preliminares.....									11,38
SUBAPARTADO 0.1.1.2 Movimiento de tierra									
01.01.0012	m3 Corte a mano capa vegetal e=0.20m								
	volumen de corte de capa vegetal	1	3,1200	3,1200	0,2000		1,9469		
TOTAL SUBAPARTADO 0.1.1.2 Movimiento de tierra.....									1.822,20
SUBAPARTADO 01.01.013 Cimentacion									
A0110112	m3 Platea de fundacion						1,00	60.031,71	60.031,71
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.013 Cimentacion									60.031,71
SUBAPARTADO 0.1.1.4 Colocacion de paneles									
0.1.1.1.4	ud Panel de ferrocemento muro						29,00	1.900,00	55.100,00
0.1.1.1.5	m Paneles de ferrocemento viga						12,48	1.500,00	18.720,00
TOTAL SUBAPARTADO 0.1.1.4 Colocacion de paneles									73.820,00
SUBAPARTADO 01.01.016 Instalacion de Techo									
A002001	m2 Instalacion de techo de zinc						1,00	5.153,63	5.153,63
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.016 Instalacion de Techo.....									5.153,63
TOTAL APARTADO 0.1.1 Obra Civil									140.838,92
TOTAL SUBCAPÍTULO 0.1 Costos Directos.....									140.838,92
TOTAL CAPÍTULO 0 Modulo ferrocemento.....									140.838,92
TOTAL.....									140.838,92

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Casa horm									
SUBCAPÍTULO 01.01 Costo Directo									
APARTADO 01.01.01 obra civil									
SUBAPARTADO 01.01.011 preliminar									
01.01.0011	m2 Replanteo						9,7300	45,0000	437,8500
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.011 preliminar.....									437,8500
SUBAPARTADO 01.01.012 Movimiento de tierra									
01.01.0012	m3 Corte a mano capa vegetal e=0.20m								
	volumen de corte de capa vegetal	1	3,1200	3,1200	0,2000		1,9469		
							1,9469	934,4600	1.819,3002
01.01.0013	m3 Excavaciones hasta 1.5mts prof. en tierra natural								
		2	3,1200	0,6000	0,6000		2,2464		
		2	1,9200	0,6000	0,6000		1,3824		
							3,6288	934,4600	3.390,9684
01.01.0014	m3 Relleno								
		2	3,1200	0,2000	0,3500		0,4368		
		2	2,7200	0,2000	0,3500		0,3808		
		2	2,3200	0,2000	0,3500		0,3248		
		2	1,9200	0,2000	0,3500		0,2688		
							1,4112	652,7887	921,2154
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.012 Movimiento de tierra.....									6.131,4840
SUBAPARTADO 01.01.013 Cimentacion									
A0110112	m3 Platea de fundacion								
							1,0000	60.033,7546	60.033,7546
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.013 Cimentacion									60.033,7546
SUBAPARTADO 01.01.014 Muros de Bloque									
P0401202	m2 Muro de bloque de 8" Ø3/8" a 0.60 m s/C.LL. BNP								
							4,6200	6.024,1026	27.831,3540
P0401212	m2 Muro de bloque de 8" Ø3/8" a 0.60 m s/C.LL. SNP								
							17,9760	1.609,4620	28.931,6889
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.014 Muros de Bloque									56.763,0429

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBAPARTADO 01.01.015 Elementos Estructurales									
P0306985	m3 Vigas 0.20x0.40 Fc=210kg/cm2						4,0000	15.185,6758	60.742,7032
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.015 Elementos Estructurales.....									60.742,7032
SUBAPARTADO 01.01.016 Instalacion de Techo									
A002001	m2 Instalacion de techo de zinc						1,0000	5.153,7052	5.153,7052
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.016 Instalacion de Techo.....									5.153,7052
SUBAPARTADO 01.01.017 Terminaciones									
P0501101	m2 pañete muro interior						1,0000	209,2801	209,2801
P0501155	m2 pañete muro exterior						1,0000	238,5614	238,5614
P0501401	m2 canto						1,0000	60,7004	60,7004
P0501402	m2 mocheta						1,0000	261,1852	261,1852
TOTAL SUBAPARTADO 01.01.017 Terminaciones.....									769,7271
TOTAL APARTADO 01.01.01 obra civil.....									190.032,2670
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.01 Costo Directo.....									190.032,2670
TOTAL CAPÍTULO 01 Casa horm.....									190.032,2670
TOTAL.....									190.032,2670

Esto quiere decir que obtendremos una diferencia de RD\$ 46,191.3024

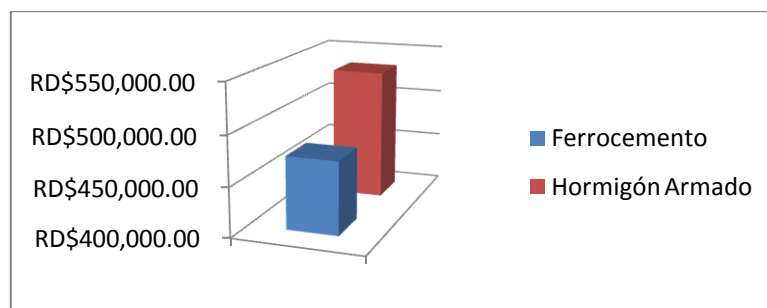
Viendo así que la construcción del modulo en ferrocemento, resulta más económico que construir el mismo con hormigón armado.

No necesariamente el módulo es lo que podemos ofrecer como vivienda económica, como propuesta final, ya sabiendo que la construcción con ferrocemento es una opción económica ante el hormigón armado, presentamos el costo total de una vivienda de 46.4 m², con un costo total de RD\$473,633.19 en comparación con la de hormigón armado con un costo total de RD\$533,240.19, para una economía de un 11% en la de ferrocemento con respecto a la de hormigón armado.



Propuesta de ampliación para vivienda de bajo costo

Obteniendo como resultado una económica de un 11% en la construcción de la vivienda en ferrocemento vs el hormigón armado, como se detalla a continuación:



A partir de estos presupuestos obtenidos, podemos concluir que la construcción de viviendas de bajo costo, resulta más efectiva con respecto al costo, si se construyen con ferrocemento.

FACTOR TIEMPO

Para el análisis del factor tiempo en la construcción de la vivienda propuesta, debemos tomar como premisa que los paneles de ferrocemento se tendrán listos para el inicio de la construcción, por tanto este tiempo no se tomara en cuenta en la programación de la misma. De igual manera no tomaremos en cuenta el tiempo de la realización de los blocks para la programación de la misma vivienda en hormigón armado. En caso de incluir la misma, por motivo de necesitar fabricar tanto los paneles como los blocks, se le sumara a ambas programaciones los 28 días necesarios para el fraguado final de ambos prefabricados.

Como paso inicial realizamos la lista de actividades para la construcción del modulo propuesto, tanto en ferrocemento como en hormigón armado, utilizamos las listas para realizar una matriz de dependencia y con esta hacer nuestra matriz de secuencia/precedencia:

HORMIGON ARMADO**MATRIZ DE SECUENCIA**

No.	Actividad	Precedencia	Anotaciones	Secuencia
1	Limpieza del terreno	Inicio		2, 3
2	Replanteo	1		4
3	Armado malla cimientto	1		6
4	Excavación y/o relleno	2		5, 6
5	Bote de material	4		37
6	Colocación de acero en cimientto	3, 4		7
7	Vaciado de cimientto	6		8
8	Fraguado inicial del hormigón de cimientto	7		9, 11
9	Fraguado final del hormigón de cimientto	8		--
10	Habilitación de acero de Viga cimientto	3		12, 22
11	Encofrado de Vigas cimientto	8		13
12	Colocación de Acero en Vigas cimientto	10		13
13	Vaciado de Hormigón en Vigas cimientto	11,12		14
14	Fraguado inicial de Viga cimientto	13		15, 16
15	Fraguado final de Vigas cimienttos	14		--
16	Desencofrado de Vigas cimienttos	14		17
17	Colocación de bastones	16	17 y 18 simult	18
18	Colocación de Blocks	17	17 y 18 simult	19
19	Llenado de recámara bloques	18		23
20	Pañete de paredes interiores	28	20 y 21 simult	36

21	Pañete de paredes exteriores	28	20 y 21 simult	36
22	Habilitación de acero de Viga corona	10		24, 29
23	Encofrado de Vigas corona	19		24
24	Colocación de Acero en Vigas corona	22,23		25
25	Vaciado de Hormigón en Vigas corona	24		26
26	Fraguado inicial de Viga corona	25		27, 28
27	Fraguado final de Vigas corona	26		
28	Desencofrado de Vigas corona	26		20, 21, 30
29	Armado cercha rectangular de madera	22		30
30	Colocación de cercha	28, 29		31
31	Colocación bajantes de madera	30	31 y 32 simult	32
32	Amarre bajantes con viga	31	31 y 32 simult	33, 34
33	Colocación de tablonés	32		37
34	Colocación de correas	32		35
35	Colocación de zinc	34		36
36	Colocación de puertas y ventanas	20, 21, 35		37
37	Limpieza final	5, 27, 33, 36		final

FERROCEMENTO

MATRIZ DE SECUENCIA

No.	Actividad	Precedencia	Anotaciones	Secuencia
1	Limpieza del terreno	Inicio		2
2	Replanteo	1		4, 17

3	Armado malla cimiento	1		6
4	Excavación y/o relleno	2		5
5	Bote de material	4		25
6	Colocación de acero en cimiento y amarre tornillos de sujeción de viga cimiento y muros	4		7
7	Vaciado de cimiento	6		8
8	Fraguado inicial del hormigón de cimiento	7		9, 10
9	Fraguado final del hormigón de cimiento	8		--
10	Colocación viga cimiento	8		11
11	Colocación de paneles de ferrocemento	10	11 y 12 simult	12
12	Sujetarían tornillo a muro	11	11 y 12 simult	13, 14
13	Llenado de viga cimiento	12		25
14	Colocación viga dintel	12	14 y 15 simult	15
15	Colocación de tornillo para viga dintel	14	14 y 15 simult	16
16	Llenado viga dintel	15		25
17	Armado cercha rectangular de madera	3		18
18	Colocación de cercha	17		19
19	Colocación bajantes de madera	18	19 y 20 simult	20, 22
20	Amarre bajantes con viga	19	19 y 20 simult	21
21	Colocación de tablonés	20		25
22	Colocación de correas	20		23
23	Colocación de zinc	22		24, 25
24	Colocación de puertas y ventanas	16		25

25	Limpieza final	5, 13, 16, 21, 24	Final
----	----------------	----------------------	--------------

Para poder realizar nuestra programación, necesitamos además de las actividades de cada uno de los sistemas (ferrocemento y hormigón armado), el tiempo que toma cada actividad en realizarse.

Para esto utilizaremos el método PERT (método probabilístico para determinar el tiempo que toma una actividad). Utilizando la fórmula del método:

$$\left[\frac{\text{Optimista} + 4 \times \text{Más Probable} + \text{Pesimista}}{6} \right]$$

Obtenemos como resultado los siguientes tiempos para cada sistema:

HORMIGON ARMADO					
Método Ponderado PERT					
No.	Actividades	Optimo	Medio	Pésimo	Tiempo
1	Limpieza del terreno	1	1.0	1	1
2	Replanteo	0.5	0.8	1	1
3	Armado malla cimient	1	1.3	2	2
4	Excavación y/o relleno	1	1.3	2	2
5	Bote de material	1	1.0	1	1
6	Colocación de acero en cimient	1	1.0	1	1
7	Vaciado de cimient	1	1.0	1	1
8	Fraguado inicial del hormigón de cimient	1	2.0	3	2

9	Fraguado final del hormigón de cemento		0.0		0
10	Habilitación de acero de Viga cimiento	1	1.0	1	1
11	Encofrado de Vigas cimiento	1	1.7	2	2
12	Colocación de Acero en Vigas cimiento	1	1.0	1	1
13	Vaciado de Hormigón en Vigas cimiento	1	1.0	1	1
14	Fraguado inicial de Viga cimiento	1	1.7	2	2
15	Fraguado final de Vigas cimientos		0.0		0
16	Desencofrado de Vigas cimientos	1	1.0	1	1
17	Colocación de bastones	1	1.0	1	1
18	Colocación de Blocks	2	2.0	2	2
19	Llenado de recámara bloques	1	1.0	1	1
20	Pañete de paredes interiores	1	2.0	3	2
21	Pañete de paredes exteriores	1	1.7	2	2
22	Habilitación de acero de Viga corona	1	1.3	2	2
23	Encofrado de Vigas corona	1	1.7	2	2
24	Colocación de Acero en Vigas corona	1	1.0	1	1
25	Vaciado de Hormigón en Vigas corona	1	1.0	1	1
26	Fraguado inicial de Viga corona	1	2.0	3	2
27	Fraguado final de Vigas corona		0.0		0
28	Desencofrado de Vigas corona	1	1.0	1	1
29	Armado cercha rectangular de madera	1	2.0	3	2
30	Colocación de cercha	1	1.0	1	1
31	Colocación bajantes de madera	1	1.7	2	2

32	Amarre bajantes con viga	1	1.3	2	2
33	Colocación de tablonos	1	1.0	1	1
34	Colocación de correas	1	1.0	1	1
35	Colocación de zinc	1	1.0	1	1
36	Colocación de puertas y ventanas	1	1.3	2	2
37	Limpieza final	1	1.0	1	1

FERROCEMENTO					
Método Ponderado PERT					
No.	Actividades	Optimo	Medio	Pésimo	Tiempo
1	Limpieza del terreno	1	1.0	1	1
2	Replanteo	0.5	0.8	1	1
3	Armado malla cimiento	1	1.3	2	2
4	Excavación y/o relleno	1	1.3	2	2
5	Bote de material	1	1.0	1	1
6	Colocación de acero en cimiento y amarre tornillos de sujeción de viga cimiento y muros	1	1.0	1	1
7	Vaciado de cimiento	1	1.0	1	1
8	Fraguado inicial del hormigón de cimiento	1	2.0	3	2
9	Fraguado final del hormigón de cimiento		0.0		0
10	Colocación viga cimiento	0.5	0.5	0.5	1

11	Colocación de paneles de ferrocemento	1.5	1.7	2	2
12	Sujetacion tornillo a muro		0.0		0
13	Llenado de viga cimiento	0.5	0.5	0.5	1
14	Colocación viga dintel	0.5	0.8	1	1
15	Colocación de tornillo para viga dintel		0.0		0
16	Llenado viga dintel	0.5	0.5	0.5	1
17	Armado cercha rectangular de madera	1	2.0	3	2
18	Colocación de cercha	1	1.0	1	1
19	Colocación bajantes de madera	1	1.7	2	2
20	Amarre bajantes con viga	1	1.3	2	2
21	Colocación de tablonces	1	1.0	1	1
22	Colocación de correas	1	1.0	1	1
23	Colocación de zinc	1	1.0	1	1
24	Colocación de puertas y ventanas	1	1.3	2	2
25	Limpieza final	1	1.0	1	1

Utilizando como herramienta Microsoft Project, y con los datos obtenidos en los pasos anteriores, tomamos como fecha de inicio el 5 de Julio y trabajando solamente de lunes a sábados, podemos ver los resultados en los diagramas de Gantt realizados.

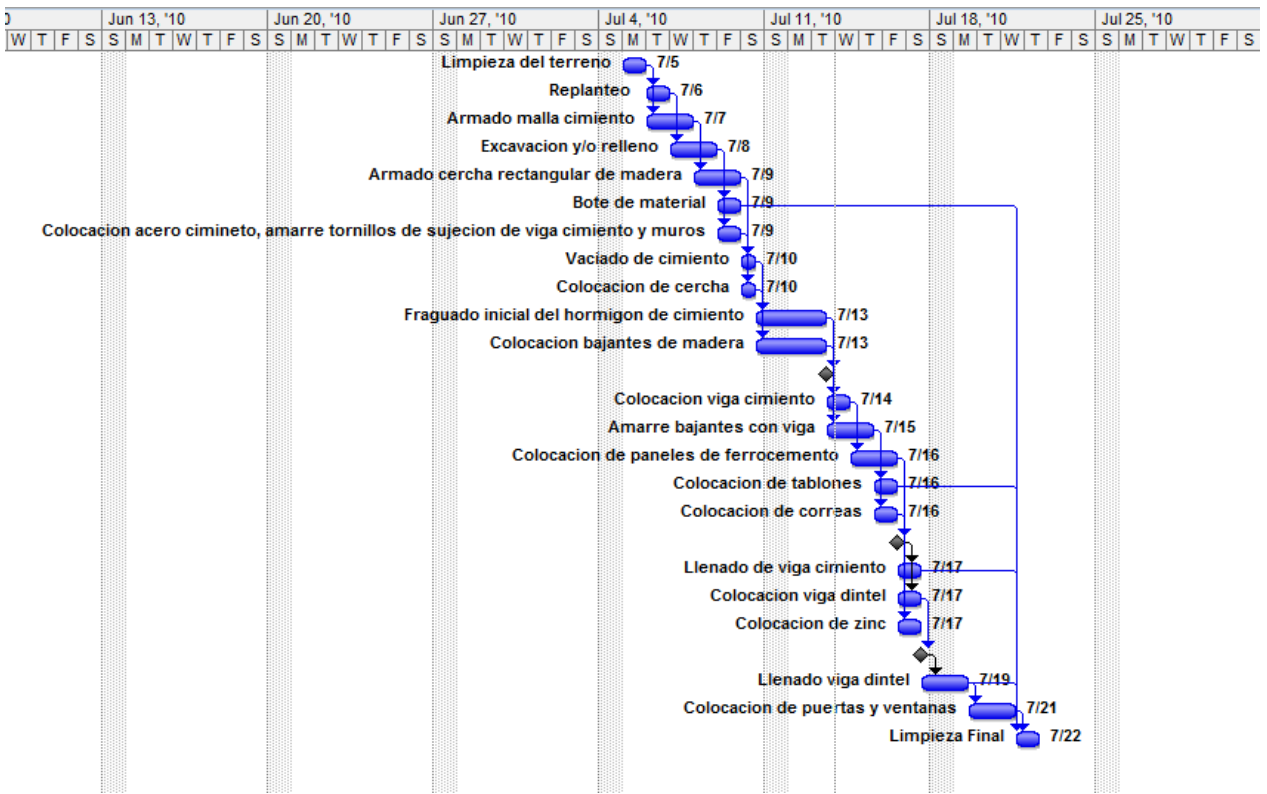


Diagrama de Gantt de Ferrocementto

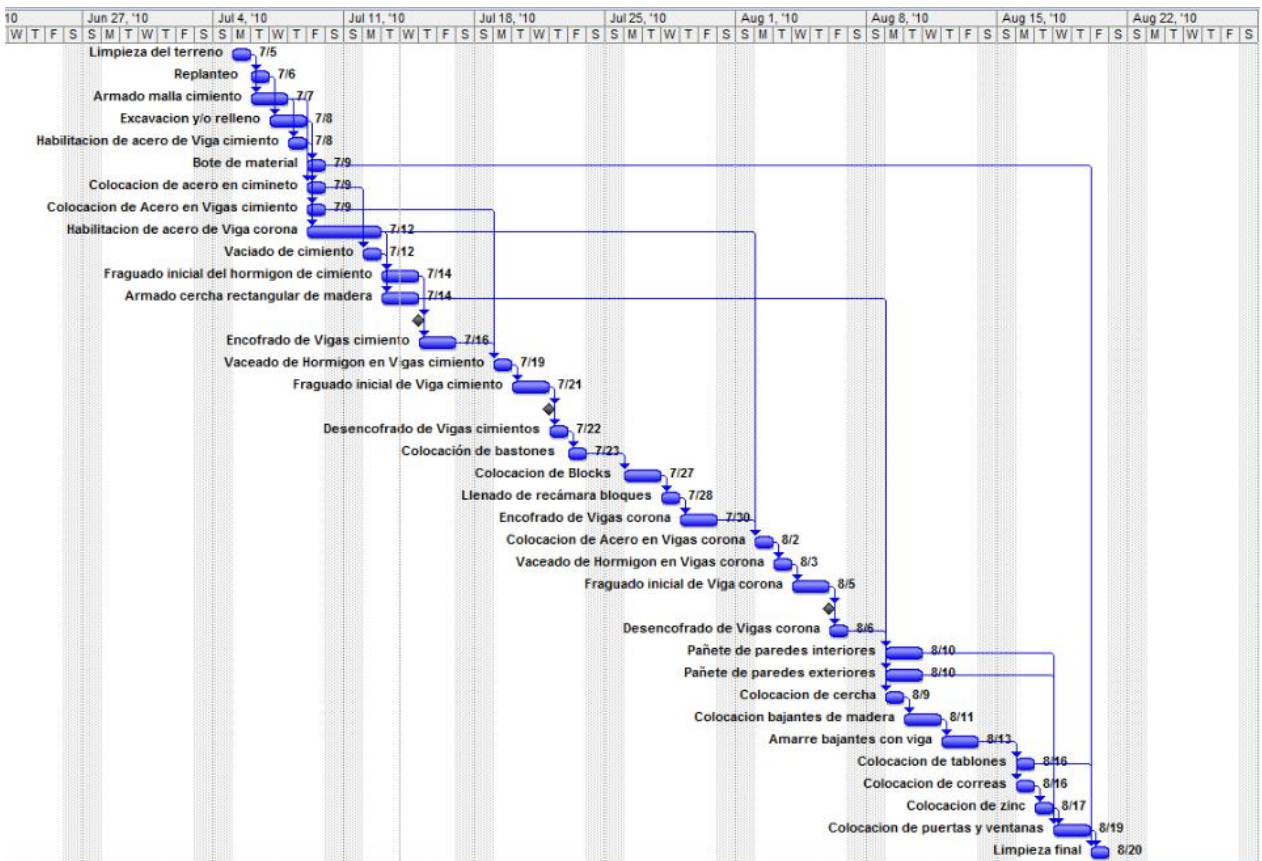


Diagrama de Gantt de Hormigón Armado

Comparando los diagramas, obtenemos como resultado que la construcción de la vivienda con ferrocemento dura del 5 de Julio al 22 de julio, dándonos un total de 16 días hábiles para la construcción del modulo, el mismo modulo construido con hormigón armado dura del 5 de Julio al 20 de Agosto con un total de 41 días para la construcción, lo que nos da una diferencia de 25 días de construcción del modulo propuesto.

Ya que lo que buscamos es una solución rápida y efectiva, podemos dar como respuesta que utilizar el ferrocemento para la construcción de una vivienda económica, con respecto al factor tiempo es la solución buscada.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

A través de los años la República Dominicana ha mostrado un aumento en su actividad sísmica lo que nos ha conducido a buscar nuevos métodos constructivos para realizar viviendas más seguras antes estos fenómenos.

Esta búsqueda de soluciones nos ha guiado a la utilización de paneles de ferrocemento, ya que este material ofrece las ventajas de que podemos construir viviendas sismo resistente, a un bajo costo y a mayor velocidad que las viviendas tradicionales de hormigón armado.

Debido a estas ventajas que encontramos sobre el ferrocemento realizamos una investigación en la que concluimos que los costos son muchos menores, gracias a que tenemos menos utilización de hormigón y acero, y requiere menos horas/hombre de trabajo. Por lo que esta vivienda resulto ser un 26% más económica que las tradicionales.

Con respecto al análisis del tiempo, pudimos comprobar que para la construcción con paneles se necesitan la colocación de menos elementos estructurales que para una vivienda de hormigón, tales como vigas y columnas, por lo que se requiere un menor numero de actividades, reduciendo el tiempo de construcción a 16 dias del modulo completo de ferrocemento en comparación con el mismo modulo construido en hormigón, el cual es de 41 días, teniendo una diferencia de 25 días.

A parte de estos estudios también le realizamos ensayos de compresión al mortero y tensión a las barras de acero respectivamente. Los ensayos a compresión nos dieron que nuestro mortero es Tipo S según ASTM C270, la resistencia del mortero fue un 9% por debajo de la norma ASTM C270 pero Según datos de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Castilla-La Mancha,

España, podemos clasificar nuestro mortero como tipo RICO debido a la resistencia demostrada en las pruebas de compresión; Por otro lado el ensayo a tensión de las barras de acero arrojaron que la resistencia nominal del acero dio por encima de la norma ASTM A615

El modelo observado en ETABS satisface los principales variables que íbamos a medir según un análisis cuasi-estático podemos decir, una de ellas es el desplazamiento que aunque las recomendaciones del diseño sísmico, nos dice que el desplazamiento relativo elástico entre dos puntos situados en una misma vertical separados por una distancia "h" y calculado según la Sección 6.5.1.18. Del manual de recomendaciones de diseño sísmico de obras públicas no será mayor que $0.008 h$. El resultado obtenido en el análisis fue de $0,000003$ por debajo del desplazamiento permisible que es $0,00370$. El modo de comportamiento de los modo de la estructura cumple con lo esperado, en el modulo fundamental se desplaza en X. El segundo modulo en Y, y el tercero es rotacional. El modo fundamental no puede ser mayor que el numero de Piso \times h. El modelo en ETABS cumple con ese parámetro, $0,017547$ por debajo del permisible en que es $0,01$. Se diseñaron los paneles de acuerdo a las normas del ACI-2002 y el diseño de los paneles cumplieron con el diseño. Observando así, los paneles de las ventanas no aportan rigidez a la estructura. El diseño de las vigas se observo que estas no están trabajando al máximo, el ratio esta en un rango de (50-70) %.

RECOMENDACIONES

Como en la actualidad, lo que se conoce del comportamiento estructural del ferrocemento bajo cargas dinámicas proviene de datos cualitativos de campo o de datos experimentales limitados para la interpretación teórica del comportamiento real. Esta ausencia de estudios que busquen caracterizar el comportamiento del sistema estructural de ferrocemento bajo cargas sísmicas, en

particular (la sensibilidad al cambio de las propiedades del material con la duración de la carga y el comportamiento inelástico y no lineal), no ha permitido su potencial desarrollo como solución de viviendas de bajo costo, por lo tanto son tratadas desfavorablemente o no son consideradas por las Normativas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes [ACI, 1997; AIS, 1998]. En efecto aunque, el ferrocemento pertenece a la familia del hormigón armado, son muy pocas las investigaciones relacionadas con el comportamiento cíclico y estático de este tipo de material. Nuestras recomendaciones en el aspecto estructural, es incentivar ese espíritu de investigación a ustedes los estudiantes para seguir desarrollando nuevas aplicaciones y nuevos estudios que nos permitan estudiar el comportamiento del ferrocemento de forma real.

BIBLIOGRAFIA

Rodolfo O. Terragni S.R.L. (n.d.). *terragnisrl.com.ar*. Retrieved junio 02, 2010, from <http://www.terragnisrl.com.ar/inox-barras.html>

ACI, 3. (1997). *Requisitos de Reglamento para concreto estructural y Comentario*. USA: ACI.

Aguero, I. R. (2004). *Guia para diseno y construccion de reservorios apoyados*. Lima, Peru: Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencia del Ambiente.

Austral Market. (n.d.). *australmarket.com.ar*. Retrieved junio 02, 2010, from <http://www.australmarket.com.ar/esponja.htm>

Bedoya Ruiz, D., & Álvarez Betancur, D. (2009). *COMPORTAMIENTO DE VIVIENDAS DE FERROCEMENTO BAJO CARGAS CÍCLICAS*. Medellín: Revista Ingenierías Universidad de Medellín.

Bedoya, D. A. (2005). *Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Bolt, B. A. (1981). *Terremotos*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

Bonifacio, S. N. *Diseno, materiales y procedimiento de constructivos de ferrocemento para agua y saneamiento*. Brazil.

BRICO, B. &. (1993). *Albañilería a tu alcance*. Retrieved from www.brico.es/fotos_albanileria_revista_brico.htm.

Buron, D. I. (1995). *Analisis de un edificio de ferrocemento considerando los criterios para minimizar los efectos de un terremoto*. La Habana, Cuba: Centro de Estudio de Construccion y Arquitectura Tropical CECAT, Instituto Superior Politecnico Jose A. Echavarria ISPJAE.

Carrasco, V. (2001). *Ferrocemento Una alternativa para la vivienda y otras aplicaciones en el ambiente marino*. Chile: Cemento Bio Bio.

CECAT. (n.d.). Paneles Ligeros de Ferrocemento. *Eco SurSouth*, 7.

Cibao, C. x. (n.d.). Retrieved from http://www.cementoscibao.com/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=5 7.

Coinalde. (n.d.). *coinalde.es*. Retrieved junio 02, 2010, from <http://www.coinalde.es/es/alambres.php>

DESASTRES, U. E. (2000). *BREVE DIAGNOSTICO DE LAS AREAS GEOGRAFICAS MAS EXPUESTAS A FENOMENOS NATURALES Y SUS CARACTERISTICAS*. REPUBLICA DOMINICANA: SECRETARIADO TECNICO DE LA PRESIDENCIA.

DGRS, D. g. (1979). *Recomendaciones Provisionales para el analisis sismico de Estructuras*. Santo Domingo, Rep. Dom.: Secretaria de Estado de Obras Publicas y Comunicaciones SEOPC.

Ferreteria Tubolaminas S.A. (s.f.). *colombia.acambiode.com*. Recuperado el 02 de junio de 2010, de http://colombia.acambiode.com/producto_96546665849486567666318003045938.html

Ing. Fernandez Bell, J. F., Ing. Rodriguez Rodriguez, S., Ing. Silva Walker, J. A., Ing. Infante Ferrer, O., & Silva Rodriguez, I. L. (1988). *Embarcaciones de Ferrocemento, Construccion y Reparacion*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educacion.

Pancharathi, r. K., & Rao, C. K. (2009). *Strength of high preformance ferrocement composite under compression-compression*. International Journal of theoetical & applied mechanics.

Pepín, R. A. (1998). *Lecturas para gente de un país que espera su Terremoto*. República Dominicana: Editora El Nuevo Diario.

Tramaco, S. (n.d.). Retrieved from www.tramacosa.com/contenido.php.

UNATSABAR. (2003). *GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental.

Villegas, M. A. (2005). *Fabricacion, ensayo y reparacion de muros de hormigon armado, utilizando Ferrocemento*. Chile: Universidad Austral de Chile.