

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO DE PANELES NERVADOS DE FERROCEMENTO
EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN
LA PROVINCIA DE JAÉN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor (es) : Bach. Jhon Shnaydey Julca Pérez

Bach. Andy Yamely Vasquez Sanchez

Asesor : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón

JAÉN – PERÚ, MAYO, 2020

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“DISEÑO DE PANELES NERVADOS DE
FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS
UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor (es) : Bach. Jhon Shnaydey Julca Pérez

Bach. Andy Yamely Vasquez Sanchez

Asesor (es) : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón

JAÉN – PERÚ, MAYO, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 03 de junio del año 2020, siendo las 17:05 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente : Msc. Christiaan Zayed Apaza Panca
Secretario : Mg. José Luis Piedra Tineo
Vocal : Mg. Marco Antonio Aguirre Camacho, para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
(**X**) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

DISEÑO DE PANELES NERVADOS DE FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN, presentado por los Bachilleres **Jhon Shnaydey Julca Pérez y Andy Yamely Vasquez Sanchez**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

Siendo las 17:05 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE TABLAS:.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS:.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS:	VIII
RESUMEN:.....	IX
ABSTRACT	X
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Planteamiento del Problema.	11
1.2. Justificación.	12
1.3. Hipótesis.	13
1.4. Marco Teórico	13
1.4.1. Antecedentes de la investigación	13
1.4.1.1. A nivel internacional.....	13
1.4.1.2. A nivel nacional.....	16
1.4.2. Bases teóricas	17
1.4.2.1. Ferrocemento.....	17
1.4.2.2. Ventajas del ferrocemento	18
1.4.2.3. Ferrocemento ante los diferentes fenómenos naturales.	19
1.4.2.4. Viviendas de ferrocemento:	20
1.4.2.5. Componentes del ferrocemento	24
1.4.2.6. Propiedades físico-mecánicas:	31
1.4.2.7. Propiedades de los elementos componentes del ferrocemento:	33
1.4.2.8. Los materiales escogidos son los siguientes:	33
1.4.2.9. Equipamiento y accesorios son los siguientes:.....	34
II. OBJETIVOS.	35
2.1. Objetivo General.	35

2.2.	Objetivos específicos.	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.	36
3.1.	Población y muestra.	36
3.2.	VARIABLES DE ESTUDIO.	36
3.2.1.	Variable dependiente.	36
3.2.2.	Variable independiente.	36
3.3.	MÉTODOS, TÉCNICAS, E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	36
3.3.1.	Métodos.	36
3.3.2.	Técnicas.	37
3.3.3.	Instrumentos.	37
3.3.3.1.	Laboratorio de tecnología del concreto.	37
3.4.	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.	38
3.4.1.	Elaboración de plano arquitectónico.	39
3.4.2.	Dimensión y cargas actuantes de los paneles	40
3.4.3.	Calculo de la carga del panel propuesto de 3.60m para cubierta:	40
3.4.4.	Modelo estructural del panel.	41
3.4.4.1.	Modelo Horizontal.	41
3.4.4.1.1.	Metrado de Cargas de Panel de Entrepiso.	41
3.4.4.1.2.	Metrado de Cargas de Panel de cubierta.	42
3.4.4.1.3.	Momentos máximos para cada tipo de panel.	43
3.4.4.1.4.	Superficie específica y fracción de volumen.	46
3.4.4.1.5.	Metrado de cargas de panel más esforzado	49
3.4.4.1.6.	Metrado de cargas para análisis sísmico.	50
3.4.4.1.7.	Parámetros.	52
3.4.4.1.8.	Fuerza córtate en la base:	55
3.4.4.1.9.	Distribución de la fuerza sísmica en la altura	55
3.4.4.2.	Modelo Vertical.	59

3.4.5.	Selección de los materiales	60
3.4.6.	Ensayo de laboratorio de los agregados	64
3.4.6.1.	Características de lo agregado fino:	64
3.4.7.	Elaboración de los testigos de mortero	69
3.4.7.1.	Asentamiento del mortero (Slump)	69
3.4.8.	Elaboración y confección del panel de ferrocemento	73
3.4.8.1.	Descripción del panel:	73
3.4.8.2.	Construcción de la armadura del panel:	73
3.4.8.3.	Unión de la armadura y la malla metálica:	74
3.4.8.4.	Encofrado del panel	75
IV.	RESULTADOS:	78
4.1.	Ensayos de laboratorios de los agregados	78
4.2.	Ensayos a compresión del mortero	79
4.3.	Ensayos a flexión del panel de ferrocemento empíricamente	82
4.4.	Comparación técnico económico con otras alternativas de construcción... ..	83
4.4.1.	Vivienda de ferrocemento.	83
4.4.2.	Vivienda tradicional:	83
V.	DISCUSIÓN.	84
VI.	CONCLUSIONES.	85
VII.	RECOMENDACIONES.	87
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	88
	DEDICATORIA.	91
	AGRADECIMIENTO.	92
	ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Especificaciones Granulométricas de Agregados Finos para Ferrocemento	27
Tabla 2. Metrado de Cargas de Panel de Entrepiso	41
Tabla 3. Metrado de Cargas de Panel de Techo	42
Tabla 4. Metrado de Cargas del Panel más Esforzado	49
Tabla 5. Metrado de Carga Muerta para Análisis Sísmico (Segundo Piso de la Vivienda)	50
Tabla 6. Metrado de Carga Viva para Análisis Sísmico (Segundo Piso de la Vivienda)....	51
Tabla 7. Metrado de Carga Muerta para Análisis Sísmico (Primer Piso de la Vivienda) ...	51
Tabla 8. Metrado de Carga Viva para Análisis Sísmico (Primer Piso de la Vivienda).....	52
Tabla 9. Resumen de Cargas de la Vivienda	52
Tabla 10. Carga Viva y Carga Muerta incluido el 25% de las Cargas	53
Tabla 11. Distribución de Fuerza Sísmica en la Altura	56
Tabla 12. Análisis Granulométrico de Agregado Fino	64
Tabla 13. Peso Unitario Suelto de Agregado Fino	64
Tabla 14. Peso Unitario Compactado de Agregado Fino	66
Tabla 15. Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino	69
Tabla 16. Análisis Granulométrico de Agregado Fino	78
Tabla 17. Peso Unitario Suelto de Agregado Fino	78
Tabla 18. Peso Unitario Compactado de Agregado Fino	78
Tabla 19. Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino	79
Tabla 20. Ensayo a Compresión de los Testigos a 07, 14 y 28 Días	80

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Bote de Ferrocemento Construido por Lambot.....	13
Figura 2 . Modelo de geometría, relaciones de continuidad (ligaduras y apoyos) y cargas laterales empuje de tierras y sismo	15
Figura 3. Estructura Interna del Ferrocemento	17
Figura 4. Estructura Compuesta por Malla sin Molde.....	21
Figura 5. Sistema de Molde Cerrado	22
Figura 6. Sistema de Molde Abierto.....	23
Figura 7. Paneles Tipo Sándwich	23
Figura 8. Montaje de los Paneles.....	24
Figura 9. Malla Hexagonal.	30
Figura 10. Malla Tejida Cuadrada.....	30
Figura 11. Malla Soldada	30
Figura 12. Plano de la Vivienda de Ferrocemento	39
Figura 13. Visualización de Paneles en planta en la Vivienda de Ferrocemento.....	40
Figura 14. Carga Distribuida en el Panel de 3.50m.....	42
Figura 15. Carga Distribuida en el Panel de 2.60 m.....	43
Figura 16. Sección de Panel de Ferrocemento	46
Figura 17. Fuerzas Sísmicas en la Vivienda.....	56
Figura 18. Ingresando Datos al STAAD Pro.....	57
Figura 19. Modelo Geométrico del Panel.....	57
Figura 20. Modelo Geométrico del Panel.....	58
Figura 21. Estado Tensional en el Eje X del Panel Horizontal	58

Figura 22. Estado Tensional en el Eje Y del Panel Horizontal	59
Figura 23. Estado Tensional en el Eje X	59
Figura 24. Estado Tensional en el Eje Y	60
Figura 25. Cemento Tipo I	61
Figura 26. Diámetro del Alambre de la Malla.....	61
Figura 27. Abertura de la Malla.....	62
Figura 28. Diámetro del Alambrón	62
Figura 29. Molde de Madera para el Panel.....	63
Figura 30. Molde Utilizado para los Testigos	63
Figura 31. Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 01).....	65
Figura 32. Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 02).....	65
Figura 33. Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 03).....	66
Figura 34. Compactando el Agregado Fino	67
Figura 35. Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 01).....	67
Figura 36. Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 02).....	68
Figura 37. Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 03).....	68
Figura 38. Realización del Slump.....	69
Figura 39. Colocando Mortero para la Realización del Slump	70
Figura 40. Testigos de Mortero	71
Figura 41. Curado de los Testigos	71
Figura 42. Dimensión del Testigo de Mortero	72
Figura 43. Dimensión del Testigo de Mortero	72
Figura 44. Estructura de Esqueleto con Alambrón.....	74

Figura 45. Unión de la Armadura de Alambión y Capas de Malla.....	74
Figura 46. Molde de Madera para Encofrado del Panel.....	75
Figura 47. Alambión, dos Capas de Malla y Madera.....	75
Figura 48. Llenado del Panel con Mortero.....	76
Figura 49. Elaboración del Panel.....	76
Figura 50. Panel Desencofrado y curado.....	77
Figura 51. Panel de Entrepiso a los 28 días.....	77
Figura 52. Ensayo a Compresión del Testigo a los 07 Días.....	80
Figura 53. Ensayo a Compresión del Testigo a los 14 Días.....	81
Figura 54. Ensayo a Compresión del Testigo a los 28 Días.....	81
Figura 55. Panel Cargado Con Sacos de 50kg Sometido a Flexión.....	82
Figura 56. Ubicación de Jaén en la Zona Sísmica 2.....	93
Figura 57. Especificación de Malla.....	94
Figura 58. Especificación del Acero.....	95
Figura 59. Especificación de Acero.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS:

Anexo 1. Zonas Sísmicas del Perú.	93
Anexo 2. Ficha Técnica de la Malla	94
Anexo 3. Ficha Técnica del Acero	95
Anexo 4. Análisis de Costos de la Vivienda Tradicional y de Ferrocemento	96
Anexo 5. Ensayos de Agregado Fino	100
Anexo 6. Ensayo a Compresión de los Testigos de Mortero.....	104
Anexo 7. Certificado de Calibración de Equipos	108
Anexo 8. Panel Fotográfico	126

RESUMEN:

Con el presente trabajo de investigación se pretende impulsar el uso de los materiales constructivos, a través de paneles de ferrocemento que cumplan los requisitos técnicos normativos. Se modeló y diseñó los tipos de paneles a utilizar en la vivienda unifamiliar. Luego se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para construir el panel; para después de su proceso de curado someterlo empíricamente al ensayo a flexión; teniendo un fallo brusco cuando se le colocó la carga distribuida de 1000Kg; obteniendo como resultado que con los materiales escogidos en la red comercial, el alambro de 4 mm se pueden construir paneles portantes de ferrocemento para paredes y cubierta, pero no resisten las cargas que genera el entrepiso según norma. Además se infiere que el ferrocemento puede competir económicamente con un 41.30% más económico que los sistemas constructivos tradicionales de la ciudad de Jaén.

Palabras Claves: Ferrocemento, panel, mallas.

ABSTRACT

This research work aims to promote the use of construction materials, through ferro-cement panels that meet the regulatory technical requirements. The types of panels to be used in the single-family home were modeled and designed. Then the necessary laboratory tests were carried out to build the panel; for after its curing process to empirically submit it to the flexural test; having an abrupt failure when the distributed load of 1000kg was placed; obtaining as a result that with the materials chosen in the commercial network, the 4 mm wire rod can be made of ferro-cement bearing panels for walls and roof, but they do not resist the loads generated by the mezzanine according to the norm. Furthermore, it is inferred that ferrocement can compete economically with 41.30% cheaper than traditional construction systems in the city of Jaén.

Keywords: Ferrocement, panel, meshes.

I. INTRODUCCIÓN.

Según (Wainshtok, 1998). El Ferrocemento es un término usado para definir un tipo particular de hormigón armado formado por un mortero de arena y cemento hidráulico, reforzado con una armadura altamente subdividida y distribuida en la masa de mortero, que posee una alta resistencia, compacidad y elasticidad que permite disminuir de forma notable las dimensiones de las secciones transversales de los elementos hasta 10-15 mm, con las ventajas en el peso propio de las estructuras y el volumen de los materiales los cuales pueden reducirse en más de un 50%; de la armadura hasta un 35% en comparación con las estructuras habituales de hormigón armado.

El ferrocemento es un material de construcción muy versátil que se viene usando desde el siglo pasado, pero sus aplicaciones no son debidamente divulgados entre los profesionales de la construcción, que no utilizan esta tecnología en la mayoría de los casos por desconocimiento o incertidumbre ante lo nuevo.

La tendencia general en el uso del concreto armado en el desarrollo de un trabajo activo y profundo, con el fin de mejorar sus indicadores técnico económicos, así como la creación y mayor aplicación de nuevos elementos estructurales que se distingan por su menor peso propio, menor gasto de materiales, mayor porcentaje de fabricación industrial, mayor seguridad y durabilidad. La solución de todas estas tareas está en perfecta correspondencia con la introducción en la práctica de la construcción, de estructuras de paredes delgadas construidas con ferrocemento.

1.1. Planteamiento del Problema.

La provincia de Jaén, se ubica en una zona de moderado riesgo sísmico ver Anexo 1; unido a ello encontramos edificaciones las cuales generalmente son de albañilería confinada y sistema apórticado, donde los materiales más predominantes en la construcción son el cemento, ladrillo, acero, y agregados; ya que estos cumplen requisitos técnicos fundamentales para la construcción de viviendas; pretendiendo dar

una nueva forma de utilización de estos materiales; a través de paneles de ferrocemento los cuales sean más livianos, utilizando una mano de obra no calificada; bajo los antecedentes genera seguridad y durabilidad en la estructura, cumpliendo los criterios normativos.

Con este trabajo de investigación se pretende impulsar la introducción del ferrocemento bajo los antecedentes los cuales genera seguridad y durabilidad, cumpliendo los criterios de normativa vigente.

¿Es posible diseñar paneles nervados de ferrocemento para una vivienda unifamiliar en la provincia de Jaén?

1.2. Justificación.

Este proyecto se justifica porque de acuerdo con las estadísticas locales:

Guevara (2017) En el proyecto de investigación: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en el sector los aromos, Jaén – Cajamarca” muestra, que el 12% de las viviendas utilizaron el sistema constructivo apórticado, el 12% utilizaron el sistema confinado y el 76% no usaron ningún sistema constructivo al momento de edificar sus viviendas.

Conociendo que en Jaén tenemos la utilización de los sistemas de construcción; albañilería y apórticado, donde la preponderancia de sus materiales componentes es el cemento, acero y agregados; ante esto surge la necesidad de innovar nueva forma de utilización del material a través del ferrocemento para construcción de viviendas unifamiliares y económicas, cumpliendo con los requisitos técnicos; considerando que el ferrocemento es una alternativa de construcción utilizada por más de un siglo y medio en distintos países de Europa y Latinoamérica, donde se ha tenido experiencias exitosas, que van desde pequeñas embarcaciones hasta la fabricación de elementos arquitectónicos y estructurales.

El desarrollo del ferrocemento en la provincia de Jaén tomaría mucha importancia ya que ofrecería ventajas económicas y técnicas, así mismo se tiene al alcance los materiales necesarios (malla metálica, cemento, agregados); además para su proceso constructivo generalmente no requiere de mano de obra calificada; en el cual va generar un gran impacto en la sociedad, toda vez que se obtendría ahorros económicos en

comparación a los sistemas constructivos estructurales (albañilería confinada y apórticado).

1.3. Hipótesis.

Utilizando paneles de ferrocemento, es posible la construcción de viviendas unifamiliares en la provincia de Jaén.

1.4. Marco Teórico

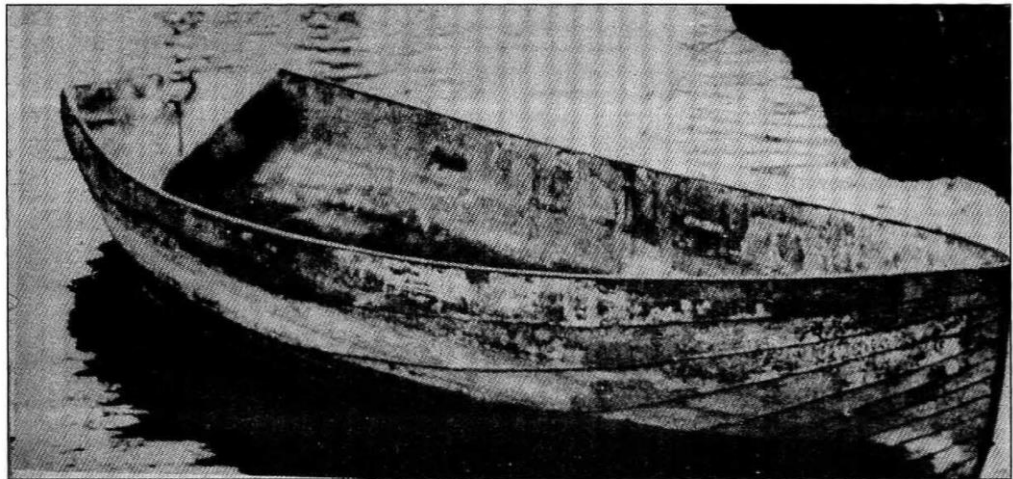
1.4.1. Antecedentes de la investigación

1.4.1.1. A nivel internacional

Wainshtok (1998) menciona a Jean Louis Lambot que en 1848 fue el primero en utilizar este material al que llamo “ferciment” con el que fabricó macetas, pequeños botes, cisternas y otros objetos. Uno de los botes construidos por Lambot fue expuesto en la Feria Mundial de París en 1855.

Figura 1.

Bote de Ferrocemento Construido por Lambot.



Fuente: Wainshtok (1998)

En la construcción de edificios, fue Pier Luigi Nervi, a mediados del siglo XX; diseño y empleó el ferrocemento en cubiertas y en otros elementos constructivos. Actualmente por todo el mundo hay edificaciones que utilizan el ferrocemento ya sea como cerramiento, cubierta o aun estructuralmente. En 1973, la academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, publicó su

informe acerca de las aplicaciones del ferrocemento y lo identificó como un “material de tecnología apropiada inadvertida con amplio potencial de aplicaciones, especialmente en los países en desarrollo”. A partir de ese evento, se difundió ampliamente este nuevo material y se aumentaron sus usos en construcción de edificios. (Corredor, 2012)

En 1983 se construyó en Villa Loma, Playa de Jibacoa, la primera piscina de ferrocemento en Cuba, proyectada por el Hugo Wainshtok. Esta piscina de 25 x 12,5 m en planta y profundidad variable de 0,60 a 1,80 m, constituyó un buen ejemplo del uso del ferrocemento en este tipo de obras. A partir de ese momento decenas de piscinas se han construido en el país de Cuba, con diferentes formas y procesos constructivos que dan fe de la versatilidad y posibilidades del ferrocemento. (Wainshtok & Lizazo, 2014)

En los comienzos de 1986 en la provincia de Santiago de Cuba al mando del Ing. Roberto Valdés, se ejecutan los primeros bocetos de lo que más tarde serían los elementos componentes de la vivienda. Los paneles se han presentado en forma U en cuanto a la sección transversal, con la diferencia de que algunos poseían tabiques y otros no, siendo estos últimos los idóneos para poder realizar con un mayor rendimiento y efectividad una producción industrial. La primera vivienda prototipo fue finalizada en ese mismo año el 26 de abril. (Rivas & Hernández, 2012)

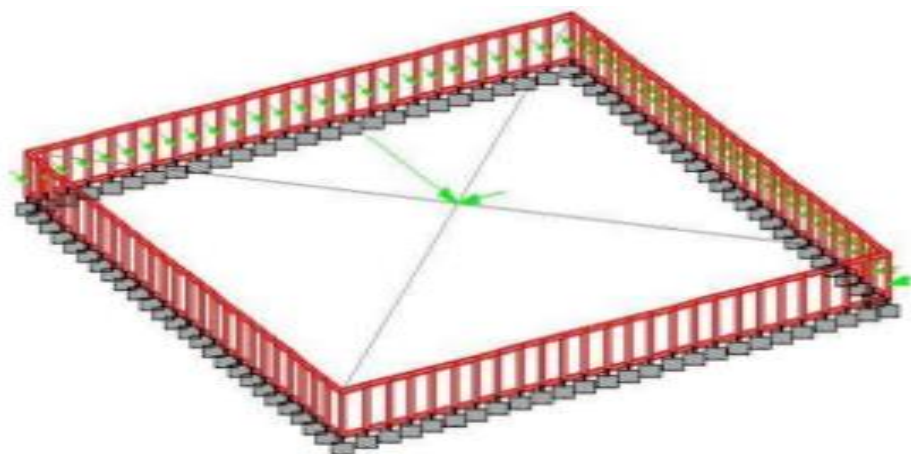
En Ecuador, en los últimos cuatro años, se ha registrado una explosión de desarrollo de urbanizaciones, para viviendas familiares, que incluye, además de la urbanización propiamente dicha, la complementación con cerramientos, para dotarlos de seguridad, centros recreativos y deportivos para el beneficio de los usuarios. Una obra mínima es la construcción de piscinas en el área social, hasta ahora, ejecutadas in situ y de hormigón armado tradicional. (Vera, 2012)

En la década del 90 se desarrolló en el CECAT, se desarrolló el Sistema de edificios residenciales de ferrocemento (SERF) el que establecía y modulaba los paneles a utilizar en paredes, entresijos y cubiertas para la construcción de edificios. Igualmente se desarrolló la tecnología PRELAB, a partir de una máquina vibro compactadora deslizante que garantizaba una mayor calidad y productividad en la producción de paneles. (Wainshtok & Lizazo, 2014)

Salvador & Pérez (2013), obtuvieron un modelo tridimensional de las combinaciones de carga incluyendo cargas sísmicas, para una piscina de ferrocemento de 25 m x 25 m, que permite valoraciones estructurales en el diseño, garantizando las características estático – resistente del mismo; diseñó dos tipos de paneles de ferrocemento de 1000mm x 2300mm y 1150mm x 2300mm para malla tejida, soldada y hexagonal capaces de tomar los estados tensionales del sistema de cargas y fáciles de prefabricar.

Figura 2 .

Modelo de geometría, relaciones de continuidad (ligaduras y apoyos) y cargas laterales empuje de tierras y sismo.



Fuente: Salvador & Pérez , 2013, p. 64

Wainshtok (1998), Hace mención que Alfonso Olvera expone con lujo de detalles los trabajos desarrollados en ferrocemento en México: canales de riego, depósitos, almacenes, viviendas, y otros; Además en Oaxaca se proyectan y construyen pantallas para presas de agua con participación de la comunidad.

En el proyecto “Refuerzo de vigas de hormigón armado empleando ferrocemento” investigación realizada en Chile, se llegó a la siguiente conclusión:

El ferrocemento se comporta en forma satisfactoria tanto como en la reparación como el reforzamiento de las vigas experimentadas. Lográndose una recuperación para las estructuras reparadas de 426% y para las reforzadas de un 433 % más de su capacidad original, con estos se cumplen las dos hipótesis presentadas, satisfaciéndola completamente. (Bustamante, 2004, p. 87)

En el proyecto “Muros de contención de ferrocemento” investigación realizada en Chile, se concluyó lo siguiente:

En la parte habitacional se han desarrollado sistemas enfocados a la industria del prefabricado, de elementos componentes de una vivienda, lo que lleva consigo un control de calidad muy eficiente. (...) Esto permite disminuir la cantidad de partidas en obra, lo que lleva a un costo relativamente menor en relación con los sistemas tradicionales. (Rogel, 2005, p. 149)

En el proyecto “Diseño y ensayo de una losa de ferrocemento de 5 metros de largo” investigación desarrollada en Chile, se concluyó lo siguiente:

Con respecto a los costos se comprobó que si se trabaja produciendo grandes cantidades de losas, los valores bajan considerablemente llegando incluso a una disminución de un 38%. Ahora si estos se comparan con el valor promedio de una losa tradicional de hormigón armado se puede observar una reducción de un 42%. (Sandoval, 2006, p. 59)

1.4.1.2. A nivel nacional

Según Carranza en el proyecto “Ferrocemento: Estudio del mortero reforzado con malla de alambre y sus aplicaciones” investigación realizada en el Perú, se concluyó lo siguiente:

Los morteros curados por 28 días con relaciones Cemento/ Agregado 1/2, 1/3 y 1/4 dieron resistencias a la compresión promedio de 495 Kg/cm², 432 Kg/cm² y 320 Kg/cm² respectivamente y debido a su resistencia alcanzadas a su temprana edad (408, 312 y 235 kg/cm² a los 7 días respectivamente), se pueden desencofrar a temprana edad (las cuales dependen del tiempo de estructura a las condiciones de servicio). (2010, pág. 86)

Quiun (2011) en un plan de trabajo “Desarrollo del ferrocemento en la construcción de viviendas. Segunda etapa” realizado por el Ing. Daniel Quiun, solicitado por la Gerencia de Investigación y Normalización, en el que se cumplió el objetivo de ensayar paneles de ferrocemento ante cargas laterales (...) se usaron espesores de 30mm y 25mm. Salvo el mal acabado y la dificultad para el llenado que es difícil por ser las mallas muy tupidas con espesores tan

delgados, la resistencia obtenida en los ensayos de carga lateral y en el ensayo de carga monotónica en el módulo de un piso, son satisfactorios.

1.4.2. Bases teóricas

1.4.2.1. Ferrocemento

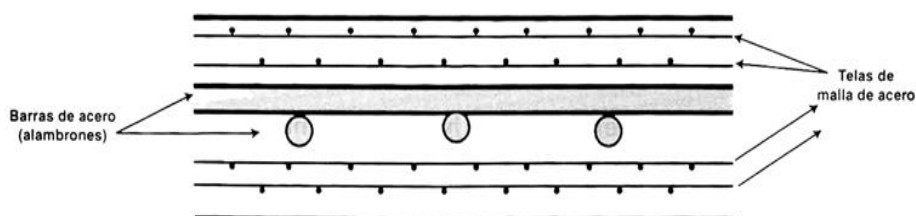
“Es un tipo de hormigón armado de pared delgada, habitualmente construido con mortero de cemento y reforzado con capas de mallas de alambre continuas, de pequeño calibre y ocasionalmente barras de acero de armazón”. (Bedoya, 2005)

Es un material de construcción compuesto, poco espesor, flexible, donde un gran número de mallas de acero con pequeño diámetro están distribuidas uniformemente a través de la sección transversal. Se utiliza un mortero muy rico en cemento (cemento, agua) lográndose un comportamiento notablemente mejorado en comparación al hormigón armado cuya resistencia está dada por las formas de las piezas. (Milanés, 2013)

El comité 549 de la ACI ha adoptado la siguiente definición: El ferrocemento es un tipo de hormigón armado en forma de lámina delgada comúnmente construido con mortero de cemento hidráulico y reforzado con capas de telas de malla, poco separadas entre sí, y formadas por alambres continuos y de relativamente pequeño diámetro. (Wainshtok, Ferrocemento Diseño y construcción, 1998, pág. 37)

Figura 3.

Estructura Interna del Ferrocemento



Fuente: Wainshtok, 1998, p. 2

El Ferrocemento es una opción modular al hormigón armado, formada por mortero y malla distribuida por la masa del cemento; evitando grietas,

resistiendo de buena manera al impacto, y la fatiga. Además es liviano, flexible, alta resistencia a la tracción, y compresión. (Materials, 2014)

1.4.2.2. Ventajas del ferrocemento

El ferrocemento ofrece las siguientes ventajas (Saavedra, 2002):

- Sus partes y piezas, mediante modulación, pueden ser livianas y fáciles de transportar.
- Permite la utilización de sistemas mixtos, en donde el ferrocemento puede ser usado con otros materiales.
- Permite mediante la conformación de los paneles de muros y tabiques, que todas las instalaciones queden en su interior, pudiéndose conformar paneles sanitarios.
- Permite distintos tipos de terminaciones y texturas interiores como exteriores.
- Satisface en general las normas y estándares nacionales e internacionales.
- Permite la prefabricación y la industrialización por medios avanzados.
- No necesita prácticamente mantenimiento alguno, salvo la de agentes externos que ocasionen daños a los recubrimientos, tales como las pinturas.
- Facilidad de mantenimiento a bajo costo, sin mano de obra calificada.
- Buena resistencia al agrietamiento, lo que aumenta su impermeabilidad y resistencia a la corrosión.
- Buena resistencia a agentes mecánicos.
- Presenta excelentes condiciones de habitabilidad y comodidad, considerando su buen aislamiento térmico, acústico, resistencia al impacto, al fuego, a la abrasión e infiltración.
- Permite la incorporación de elementos estructurales tensados, disminuyendo secciones en los elementos mixtos.

1.4.2.3. Ferrocemento ante los diferentes fenómenos naturales.

a. Sismos.

En 1999 se da inicio a una investigación en el CREDEF / CECAT / ISPJAE con la intención de comprobar teóricamente la factibilidad de construir un grupo de viviendas en el municipio San Luis, de Santiago de Cuba, con características sismo resistentes.

El sistema constructivo utilizado está formado por paneles verticales, cerramiento y losas de cubierta y entepiso de ferrocemento, que se fabrican en una planta móvil, y posteriormente se montan sin emplear equipos costosos de izaje (grúas).

La solución del anillo sismo resistente a nivel de entepiso se logra con una combinación de losa de cerramiento con fundición in situ, utilizándose dicha losa como una especie de encofrado perdido, pero en este caso no tan perdido, pues el mismo se considera en el trabajo de la junta panel – losa – cerramiento. (Milanés, 2013)

b. Fuertes vientos:

En la Micro brigada de la CUJAE en el Municipio Marianao, de Ciudad La Habana, se ejecuta otra variante de solución de edificación con muros de bloques de hormigón y entrepisos y cubiertas de losas de ferrocemento, elaborados por la mencionada planta móvil.

Estas edificaciones tienen muy buen comportamiento ante intensas lluvias por sus cubiertas a dos aguas. Además, son lo suficientemente pesadas como para no ser fácilmente arrancadas por los fuertes vientos huracanados, a diferencia de las cubiertas ligeras, de otros materiales, tales como las planchas de zinc, asbesto cemento o asfáltica, las tejas de barro, el guano y la paja entre otros.

c. Incendios forestales:

Otra ventaja de aplicación del ferrocemento como material a utilizar en zonas de peligros ante incendios forestales es su buen comportamiento ante el fuego, superior a muchos materiales que se utilizan en sectores forestales.

d. Inundaciones y sequías:

En la última década, uno o varios países de América Latina y el Caribe han sido severamente afectados por grandes inundaciones, que han producido cuantiosas pérdidas humanas, y económicas, sobre todo en la agricultura e infraestructura de los servicios públicos, las cuales pueden afectar a un país por varios años.

Una de las medidas preventivas en estos casos es la construcción de canales, diques o presas, de manera tal que permitan encauzar en unos casos y retener las aguas en otros, para proteger a la población y lograr almacenar reservas del preciado líquido para los períodos de seca.

En México se ha logrado construir varias de estas micro presas con muy buenos resultados empleando el ferrocemento como material fundamental. (Fernández & Pérez, 2013)

1.4.2.4. Viviendas de ferrocemento:

En países en vía de desarrollo donde la demanda de vivienda de bajo costo es muy alta, el ferrocemento se ha utilizado como una alternativa eficaz que, por una parte, ofrece viviendas durables y de buena calidad, y, por otra parte, ofrece un sistema constructivo con base en mano de obra intensiva no calificada. Esta combinación hace del ferrocemento una solución apropiada para sociedades en vías de desarrollo que requieren de soluciones de vivienda de bajo costo y generación de empleo.

Como edificaciones para diversas actividades humanas, el ferrocemento ha estado presente en construcciones tales como: edificios de auditorio, museos, cúpulas de mezquitas, estructuras de domos, centros comunitarios, escuelas,

elementos prefabricados para casas tipo panel o tipo “sándwich” y viviendas de bajo costo.

De las diferentes aplicaciones que ha tenido el ferrocemento en la generación de viviendas de bajo costo, se han identificado cuatro sistemas constructivos para su fabricación: construcción en sitio, construcción con elementos modulares prefabricados, construcción con paneles prefabricados y construcción de casas móviles. Dado el bajo nivel de tecnología requerido, cualquier edificación con ferrocemento puede ser construida en el lugar requerido. En la construcción con elementos prefabricados y la producción de casas móviles resulta apropiado suministrar cierto nivel de tecnología.

“Entre las bondades que brinda el ferrocemento, permite evaluar si se utiliza o no sistema de moldes para su ejecución. Existen cuatro tipos de Sistemas de moldes para conformar las estructuras de ferrocemento con independencia de la forma de colocar el mortero”. (Fernández & Pérez, 2013)

Sistema de esqueleto o sin molde. Compuesto por un reticulado a partir de la unión de la armadura de esqueleto a la cual se le fijan las mallas de alambre por cada lado ver Figura 4. A esta estructura de acero se le aplica el mortero por un lado presionándolo a salir por el otro lado. Puede realizarse la operación por un solo hombre trabajando un lado primero y el otro después; o dos hombres por ambos lados a la vez. (Zulueta, 2018)

Figura 4.

Estructura Compuesta por Malla sin Molde



Fuente: (Zulueta Martínez, 2018)

Sistema de molde cerrado. Consiste en un molde cerrado macho o hembra sobre el cual se coloca el refuerzo. Se aplica el mortero desde el otro lado a través de la armadura y hasta el molde. El molde puede ser construido para que forme parte de la estructura de forma permanente o no ver Figura 5. (Zulueta, 2018)

Figura 5.

Sistema de Molde Cerrado



Fuente: (Zulueta Martínez, 2018)

Sistema de molde abierto. Formado por fajas de madera, bandas u otro material separados entre sí y conectados a un encofrado estacionario que puede recubrirse con una lona o nylon conformándose un molde cerrado no rígido. Si el nylon es transparente se facilita tanto la observación constante del proceso de colocación del mortero; como de realizar cualquier reparación ver Figura 6. (Zulueta, 2018)

Figura 6.

Sistema de Molde Abierto



Fuente: (Zulueta Martínez, 2018)

Sistema de molde integral. Se deja el molde dentro del ferrocemento o en contacto permanente con él, como ejemplo se tiene el panel tipo sándwich ver Figura 7. (Zulueta, 2018)

Figura 7.

Paneles Tipo Sándwich



Fuente: (Zulueta Martínez, 2018)

“Todos estos sistemas constructivos tienen un elemento estructural en común: el panel o muro de pared delgada de ferrocemento” (Bedoya & Álvarez, 2009)

“En el archipiélago de Malasia, en las islas de Sumatra, Sri Lanka y Nueva Guinea, se han construido casas en ferrocemento. 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 & Álvarez, 2009)

A mediados de los años 1970, Olvera López, construyó casas de ferrocemento en México. Desarrolló un sistema constructivo para edificaciones de uno y dos pisos usando paneles livianos prefabricados de ferrocemento de diferentes secciones y experimentó con varios tipos de conexiones. (Wainshtok, 2007)

Figura 8.

Montaje de los Paneles



Fuente: (Zulueta Martínez, 2018)

El sistema fue diseñado para permitir flexibilidad en los diseños arquitectónicos; más de mil viviendas se han construido, en México, desde entonces.

1.4.2.5. Componentes del ferrocemento

Los componentes del ferrocemento son los siguientes:

a. Mortero

Es una mezcla de cemento hidráulico y arena al que eventualmente se pueden añadir aditivos que mejoran sus propiedades, las que están dadas por el tipo y la calidad de los materiales componentes, la proporción en que son

mezclados, las condiciones en que se prepara y los factores ambientales (Wainshtok, 1998).

El mortero debe ser denso, compacto y bien curado, permitiendo esto tener baja permeabilidad. Para ello deben cumplir entre otras las siguientes características, (Normalización, 2007) recomienda:

- Consistencia de la mezcla uniforme, compacta, y con un mínimo de huecos.
- Laborabilidad en función de la tecnología empleada.
- Relación cemento/arena entre 1:1,5 y 2 (para aplicación manual)
- Relación cemento/arena entre 1:2,5 y 3 (para aplicación mecánica)
- Relación agua/cemento de 0,45 a 0,50
- Contenido de cemento promedio: de 500 a 800 kg/m³.

La densidad media del mortero que debe tomarse para el cálculo, depende de la cantidad de armadura reticulada utilizada, por ejemplo, si el elemento cuenta con una tela de mallas metálica de celdas pequeñas, la densidad media se toma igual a 2300 kg/m³, con dos telas de mallas 2400 kg/m³ y para un mayor número de telas la densidad media se aumenta en 50 kg/m³ por cada tela de malla adicional. (Wainshtok, 1998, p. 38)

b. Cemento

Normalmente se usa el cemento Portland, con el objeto de obtener elementos de ferrocemento que tengan resistencia a la compresión, impermeabilidad, dureza y resistencia lo más elevada posible al ataque químico y que su consistencia se mantenga uniforme, compacta, sin huecos, detrás de la concentración del refuerzo. (CEPIS-OPS, 2002, p. 34)

Los tipos de cemento Portland adecuados para la construcción de ferrocemento son el cemento tipo I y II. Se describe los tipos de cemento

Portland para el uso en elementos de ferrocemento: (CEPIS-OPS, 2002, p. 34)

- El tipo I se usa para estructuras de ferrocemento generales, donde no se requieren de propiedades especiales.
- El tipo II se usa cuando se desea alcanzar una resistencia final más alta, a costa de perder resistencia inicial y logrando una estructura más densa.
- El tipo III es de endurecimiento rápido adquiere su resistencia más rápidamente y se elige cuando se requiere de una resistencia inicial muy alta.
- El IV, posee bajo calor de hidratación por lo tanto puede ser utilizado para la construcción de estructuras de ferrocemento.
- El Tipo V, se recomienda principalmente para construcciones con ferrocemento en ambientes marinos y en estructuras susceptibles al ataque de los sulfatos, tienen un tiempo de fraguado promedio y por lo tanto no presionará al constructor para apresurar la obra durante la colocación del mortero.

c. Agregados

Los agregados utilizados para la producción de mortero de alta calidad para estructuras de ferrocemento deben ser fuertes, impermeables, libres de sustancias perjudiciales tales como polvo, terrones, pizarras, esquistos, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, y deben ser capaces de producir una mezcla suficientemente trabajable con una relación agua cemento mínima para lograr la penetración adecuada en la malla. (Guerrero & Gónzales, 2008)

El agregado normalmente a usar es la arena natural, debe tenerse mucho cuidado en la selección de dichas arenas, ya que las arenas blandas pueden verse seriamente afectadas por la abrasión y las reacciones químicas. Un material poroso permitirá la entrada de humedad dentro de secciones muy

delgadas afectando la durabilidad y el comportamiento estructural del mortero. (Guerrero & G3nzales, 2008)

Tabla 1.

Especificaciones Granulom3tricas de Agregados Finos para Ferrocemento

Porcentaje pasado (%)			
N°	Abertura de tamices (mm)	Paneles y otros elementos	Barcos
3/8	9.50	100	100
4	4.75	95 - 100	100
8	2.38	80 - 100	100
16	1.16	50 - 85	70 – 1
30	0.600	25 - 60	45 – 7
50	0.300	10 - 30	25 – 45
100	0.150	2 - 10	5 – 15

Fuente: (Wainshtok, Ferrocemento Dise1o y construcci3n, 1998, p3g. 46)

d. Agua

El agua utilizada para la realizaci3n del mortero debe ser fresca y estar ausente de materias org3nicas y sustancias nocivas que pueden afectar las propiedades del mortero o causar la corrosi3n del acero. El agua de mar no debe ser utilizada. Usualmente el agua destinada al uso p3blico resulta satisfactoria (Wainshtok, 1998, p. 47)

El agua debe ser fresca, exenta de impurezas, libre de sustancias org3nicas, 3lcalis, aceites, cieno, lama, az3car, y cloruros, 3cidos; Adem3s de otras soluciones que puedan ocasionar corrosi3n del refuerzo, deterioro de las propiedades del mortero, y el manchado de las superficies expuestas; el agua potable generalmente es apta para uso de mezcla de ferrocemento; no se permite el uso de agua salada. (Bedoya, 2005)

e. Aditivos.

Son sustancias que, incorporadas a la mezcla, modifican o mejoran una o más propiedades del ferrocemento, obteniendo un mortero más adecuado para las condiciones de trabajo o más económico; ayudan a la trabajabilidad, reducen las exigencias de agua y prolongan o reducen los tiempos de fraguado del mortero. (Bedoya, 2005)

f. Mallas.

Uno de los componentes esenciales del ferrocemento es el refuerzo de telas de mallas formadas con alambres tejidos, trenzados o soldados; que como principales características deben ser manuales y flexibles para adaptarse a las más diversas formas (Wainshtok, 1998).

Entre las más comunes se encuentran las siguientes:

- Malla hexagonal.
- Malla tejida.
- Malla soldada liviana.
- Malla de acero expandido.
- Malla armex.

g. Alambrones y barras

Sirve para hacer el armazón de la estructura, sobre la cual se colocan las capas de malla; se distribuyen uniformemente y se separan hasta una distancia de 30 cm. En algunos casos el acero de armazón se separa a una distancia de 7,5 cm de centro a centro actuando así como un elemento de refuerzo de la malla de alambre. El diámetro de la varilla varía entre $\frac{1}{4}$ " y $\frac{3}{4}$ ", la de mayor uso es de $\frac{1}{4}$ ". Puede combinarse varillas de diferentes diámetros dependiendo del tipo de estructura. (Guerrero & Gónzales, 2008)

h. Otros tipos de refuerzo:

Se han utilizado otros tipos de refuerzo en el ferrocemento. Como refuerzos metálicos de esqueleto se reconoce el uso de alambres trenzados, planchas metálicas, barras electro soldadas y torones. Se han utilizado fibras orgánicas para aumentar resistencia del mortero y fibras orgánicas como malla. Toda utilización de nuevos materiales debe fundamentarse por los ensayos correspondientes. (Paul & Pama, 2004)

Del análisis de los diferentes autores se puede concluir que el ferrocemento es una delgada lámina de concreto altamente reforzada, con tela de malla que puede ser cuadrada o hexagonal, tejida o soldada y acero estructural en barras liso o corrugado.

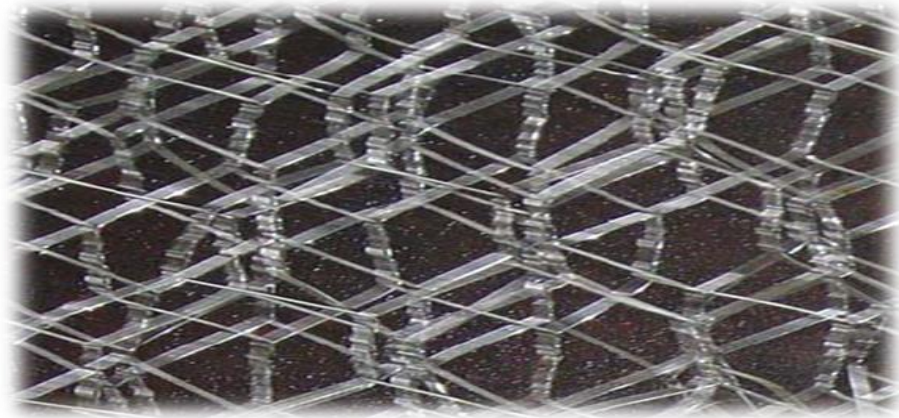
Los autores y la norma reflejan, los tipos de malla a usar, las dosificaciones y las características de los distintos componentes.

La mayoría de ellos apuntan que el ferrocemento tiene muchas ventajas para la construcción de viviendas prefabricadas y que se adapta fácilmente a la carga sísmica, por su ductilidad y resistencia ante cargas laterales lo que lo hace un material idóneo para el trabajo que se propone.

Refuerzo de acero: para la construcción del esqueleto se utilizarán acero en barras de 12 mm, 8mm y 6 mm y también se usarán varias mallas tales como malla hexagonal ver Figura 9, malla tejida ver Figura 10, y malla soldada liviana ver Figura 11; con diámetros de alambre galvanizado menores de 2 mm y aberturas de malla generalmente menores de 30mm.

Figura 9.

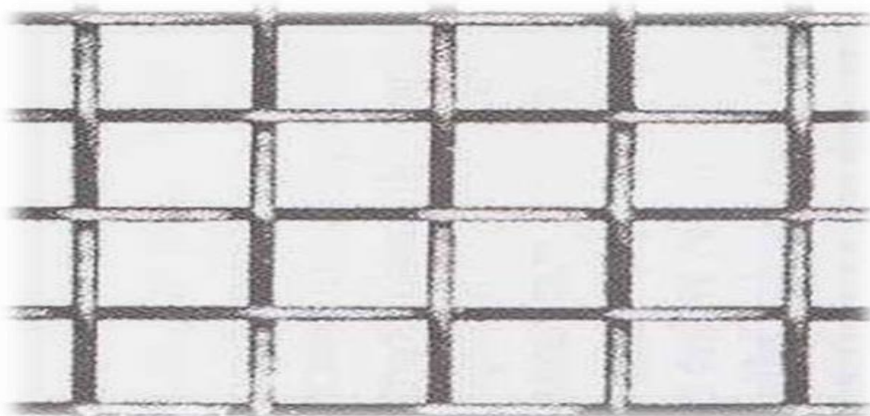
Malla Hexagonal.



Fuente: Bedoya Ruiz, 2005

Figura 10.

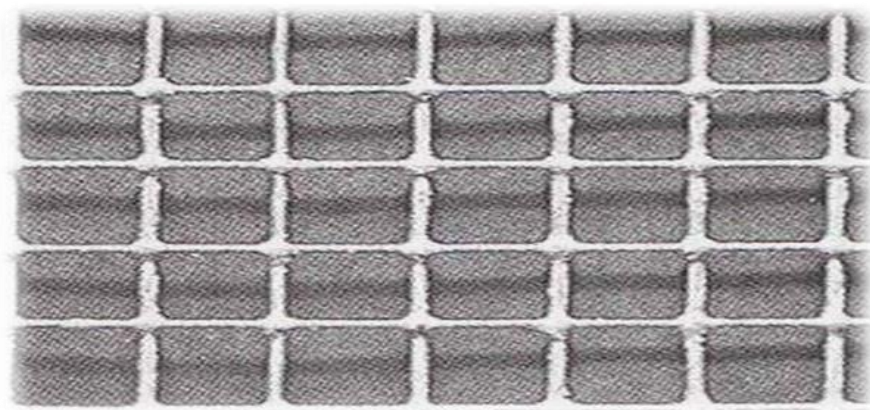
Malla Tejida Cuadrada



Fuente: Bedoya Ruiz, 2005

Figura 11.

Malla Soldada



Fuente: Bedoya Ruiz, 2005

1.4.2.6. Propiedades físico-mecánicas:

a. Resistencia a la tracción:

Debido al alto contenido de acero y a la gran dispersión de éste el Ferrocemento tiene mayor resistencia a la tracción que el hormigón. En los elementos de ferrocemento sometidos a esfuerzos de tracción, se ponen de manifiesto tres estados:

- **Estado Elástico:** la curva tensión deformación es prácticamente lineal, no se observan fisuras, el material es totalmente impermeable. El límite de deformación para este estado está dado por el módulo de deformación $E = 200 \times 10^{-6}$ y el ancho de fisuras hasta 20 micrones. (Wainshtok, 1998)

- **Estado elástico – plástico:** a partir de la primera fisura, un número significativo de estas aparecen, crecen muy lentamente al inicio sus aberturas hasta que el número de grietas se estabiliza. El estado se limita desde la ocurrencia de la primera grieta de 20 hasta una abertura de 100μ y una deformación de $E = 645 \times 10^{-5}$ (Wainshtok, 1998)

- **Estado de falla:** El máximo número de grietas han aparecido ya y el aumento de las deformaciones se debe fundamentalmente al crecimiento en la abertura de las mismas, hasta el fallo del elemento por la rotura de acero. (Wainshtok, 1998)

Teniendo en cuenta la aplicación del ferrocemento en la construcción, dos tipos de fallos pueden considerarse a la tracción. El primer tipo es la ruptura del elemento, o sea, cuando se alcanza la resistencia última del material (...). El segundo tipo de fallo tiene en cuenta la carga para el cual surge la primera grieta que permite la permeabilidad del agua o la corrosión del acero. El más importante indicador a tener en cuenta en este tipo de fallo es la superficie específica S , ya que a medida que ella aumenta, aumenta la resistencia del ferrocemento al agrietamiento. (Wainshtok, 1998)

Superficie específica: la superficie específica S es la relación entre el área superficial del refuerzo por unidad de volumen del ferrocemento.

Los esfuerzos de tracción (o la resistencia a la tracción del refuerzo) no debe exceder de $f_t = 0,6 R_a$

Las tensiones permisibles para las mallas:

Soldadas o tejidas -----5MPa (50kg/cm²)

Hexagonales -----3,5MPa (35kg/cm²)

b. Resistencia a la compresión:

“Se fija como valor de resistencia última a compresión del ferrocemento el de $0,45 f'_c$ donde f'_c es la resistencia de compresión del mortero”. (Naaman, 1979)

“Los valores máximos permisibles de tensiones a compresión serán de 20 MPa”. (ONN, 2007)

c. Resistencia a la flexión.

La resistencia del ferrocemento a flexión depende no solamente de la superficie específica, sino también del tipo de malla, su orientación y geometría intrínseca; así como la presencia o no de armadura de esqueleto. En la práctica la resistencia a flexión aumenta cuando las telas de malla se concentran en los bordes inferiores o superiores. (Wainshtok, 2007)

d. Resistencia al agrietamiento:

Según Wainshtok (2007) menciona:

La resistencia al agrietamiento se garantiza con un diseño efectivo de las armaduras de esqueleto, capas de telas de malla y su disposición, distancia a los bordes, dosificación del mortero y espesor de los elementos.

El máximo ancho de grietas permisible no debe exceder de 0,05 mm para ambiente corrosivo o depósitos de agua y 0,1 mm para otras estructuras.

Para recubrimientos pequeños y ambiente agresivo se recomienda aplicar protección adicional.

1.4.2.7. Propiedades de los elementos componentes del ferrocemento:

Wainshtok (2007) El ferrocemento con malla metálica y acero de esqueleto define:

- Resistencia a tracción del alambre de la malla: entre 100-400 MPa en dependencia del tipo de malla, calibre y calidad del alambre, estas son las más comunes.
- Resistencia a tracción del acero de esqueleto: La calidad del acero de las barras lisas o corrugadas que se usen, entre 240-500 MPa
- Resistencia a compresión del mortero: Entre 15-30 MPa
- Los elementos de ferrocemento con malla metálica deben tener una resistencia a la tracción de trabajo no menor de 3.5 MPa considerando que el mortero no se fisure, es decir en trabajo elástico y es mayor en dependencia del número de mallas y de la calidad de éstas.
- El ferrocemento debe cumplir además con la superficie específica mayor que 0.5 cm⁻¹ y el factor de volumen mayor que 1.8 %.
- Los parámetros de resistencia y fisuración estarán en dependencia de las cargas actuantes, es decir pueden lograrse resistencias menores de trabajo si el régimen de trabajo del elemento las soporta.
- El factor de volumen y la superficie específica dependen de la cantidad de malla y acero de esqueleto en contacto con la mezcla.

Con estos elementos de análisis se realizarán ensayos al mortero y se valorarán lo que plantean los fabricantes de la malla en el mercado y de las barras lisas con que se trabajará También se ensayará un panel construido con mallas metálicas de producción nacional, a flexión.

1.4.2.8. Los materiales escogidos son los siguientes:

- **Arena:** De la arenera Santa Rosa Yanuyacu - Jaén.

- **Cemento:** Portland Tipo I.
- **Malla:** malla liviana, cuadrada, soldada, con alambre de 0.0085m de diámetro y abertura de malla 0.01 m. El ancho del rollo es de 0.90 m y se comercializa en todo el país. Dado que no se realizaron los ensayos de dicho material por no contar con equipos en la zona se asume a un promedio de f_y : 200 MPa. Ver Anexo 2.
- **Acero en barra o alambión:** alambión #8 de 0.004m de diámetro, dado que no se realizaron los ensayos de dicho material por no contar con equipos en la zona la resistencia se asume a un promedio f_y : 230Mpa. Ver Anexo 3.

1.4.2.9. Equipamiento y accesorios son los siguientes:

- Molde para probeta de mortero de 0.04x0.04x0.16 m.
- Máquina de ensayo a compresión axial.
- Equipo de oxicorte.
- Tijera de cortar malla.
- Tamices.
- Palas.
- Vasijas para mezclar el hormigón.
- Cuchara de albañil.
- Madera de encofrado.
- Clavos.
- Cinta métrica.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

Diseñar paneles nervados de ferrocemento en la construcción de viviendas unifamiliares en la provincia de Jaén.

2.2. Objetivos específicos.

- ✓ Proyectar vivienda unifamiliar cumpliendo las normativas vigentes.
- ✓ Determinar las propiedades mecánicas del mortero.
- ✓ Construir panel de ferrocemento para entrepiso.
- ✓ Determinar la resistencia a la flexión del panel de ferrocemento empíricamente.
- ✓ Comparación técnico económico con otras alternativas de construcción.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Población y muestra.

La población para este proyecto de investigación está conformada por los diferentes paneles nervados de ferrocemento, que se utilizarán en la construcción de viviendas unifamiliares económicas en la provincia de Jaén.

La muestra de este proyecto de investigación son los dos paneles de ferrocemento para entrepiso y losa.

3.2. Variables de estudio.

3.2.1. Variable dependiente.

Vivienda con paneles de ferrocemento.

3.2.2. Variable independiente.

Características estructurales y de costos.

3.3. Métodos, técnicas, e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Métodos.

- **Inductivo-deductivo:** Realizar el análisis y diseño de una vivienda unifamiliar empleando ferrocemento bajo las condiciones sísmicas que se encuentra la ciudad de Jaén; permite determinar si es factible el uso del ferrocemento en la construcción en el ámbito de Jaén.
- **Analítico - sintético:** Este método es útil cuando se llevan a cabo trabajos de investigación documental, que consiste en revisar en forma separada todo el acopio del material necesario para la investigación.

3.3.2. Técnicas.

- **La Observación:** Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

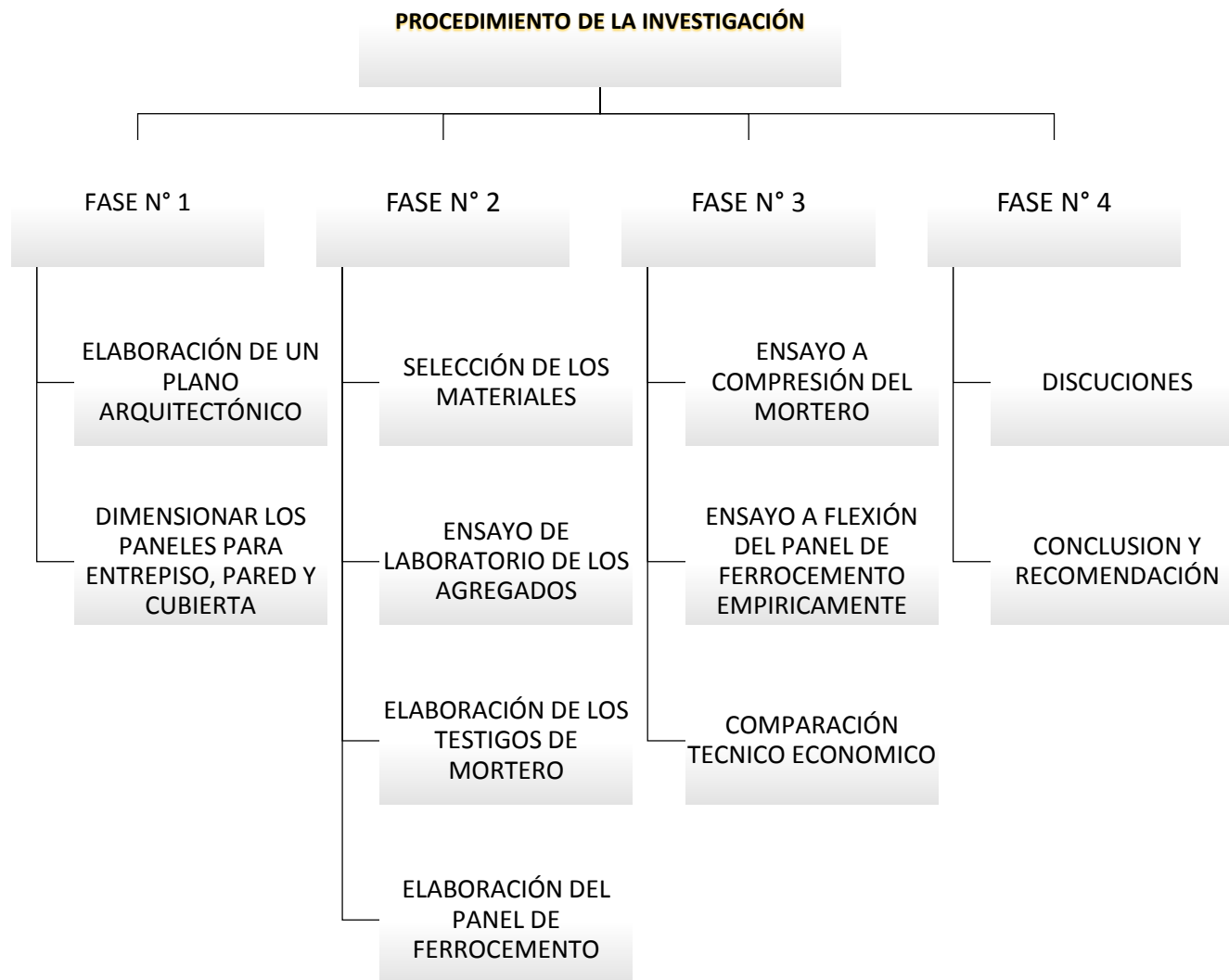
La observación es un elemento fundamental de este trabajo para medir las propiedades físicas y mecánicas del concreto, realizar el ensayo a flexión del panel y determinar las cargas que determinan los fallos a resistencia y rigidez. Modelamiento del panel de ferrocemento y análisis de una vivienda unifamiliar; construir paneles de ferrocemento someterlos a carga y medir los agrietamientos.

3.3.3. Instrumentos.

3.3.3.1. Laboratorio de tecnología del concreto.

- a. Ensayo de granulometría (NTP 400.012).
- b. Peso unitario de agregado fino (ASTM C29).
- c. Asentamiento del concreto (Slump) (NTP 339.035).
- d. Ensayo a compresión del mortero (MTC E 704).
- e. Ensayo empírico a flexión en paneles de ferrocemento (NC).

3.4. Procedimiento de la investigación.



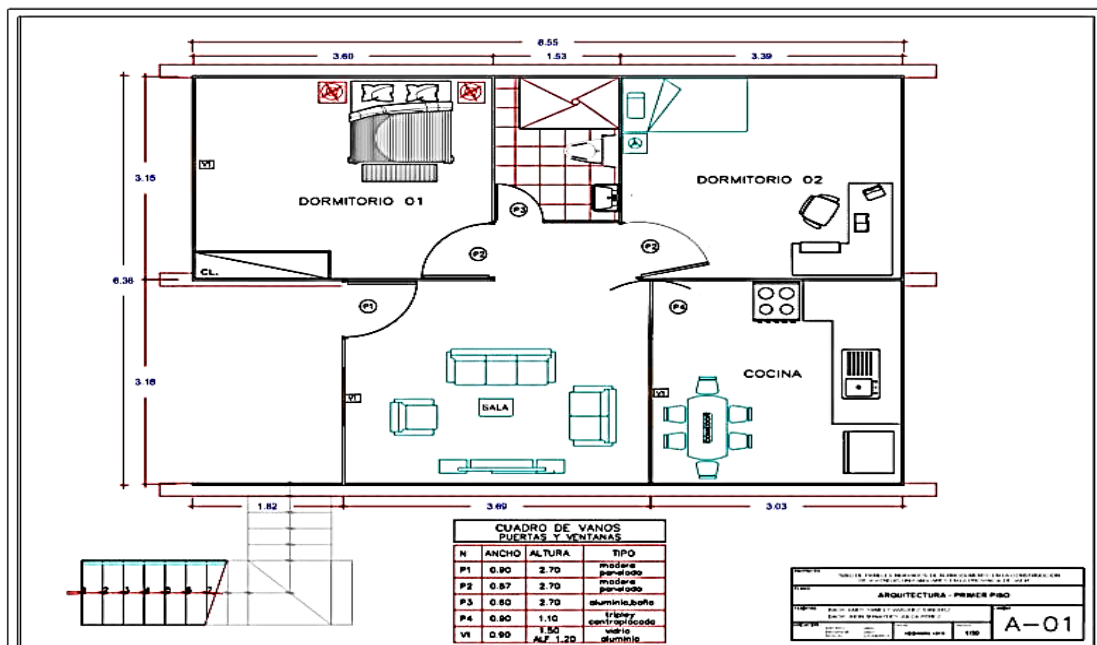
3.4.1. Elaboración de plano arquitectónico.

Se diseñó una planta general de los dos niveles de la vivienda económica y se determinaron la cantidad de paneles que requiere la vivienda, tanto vertical como horizontal y la distribución para asumir las combinaciones de carga. Se utilizó el Software profesional AutoCAD 2019.

Las dimensiones escogidas de la vivienda responden al tipo de vivienda con diseño económico. Se propone una edificación económica de 2 pisos con un área mínima por piso de 68.04 m².

Figura 12.

Plano de la Vivienda de Ferrocemento



Fuente: Elaboración Propia.

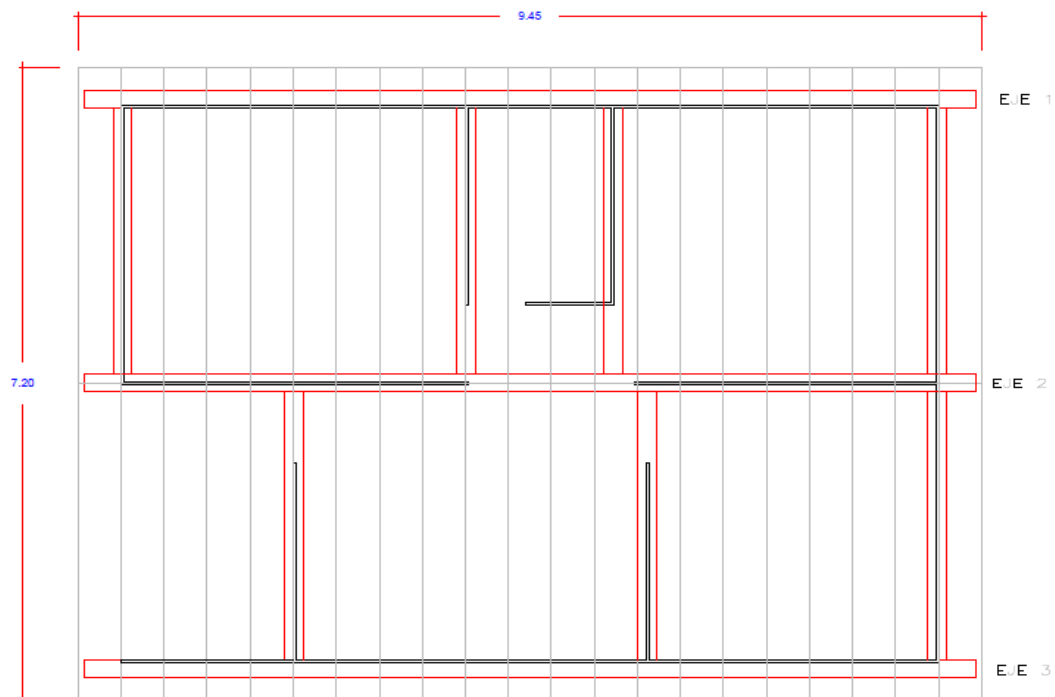
Se diseña una vivienda en una estructura de dos pisos empleando los paneles nervados. La edificación fue diseñada utilizando la dimensión de los paneles para paredes portantes, por diseño, entrepiso y cubierta se proponen otros paneles que se diseñaron para ser ubicados en las ventanas y en las puertas y que por razones obvias no se calcularon pero llevan el mismo acero que los de cubierta y paredes. Las vigas de cerramiento y la viga zapata serán de hormigón armado.

3.4.2. Dimensión y cargas actuantes de los paneles

Dimensionar paneles portantes para una vivienda previamente dimensionada. Se escogen dimensiones que son determinadas por la altura de la vivienda, las dimensiones económicas para las habitaciones de la vivienda, puertas y ventanas que deben poseer. Se escogen como altura de los paneles de pared 2,70 m, para los paneles de entrepiso y cubierta 3,60 m. El ancho de los paneles viene dado por las mallas comerciales que se escojan. En el caso del trabajo el ancho de los paneles es de 0,45 m, el largo de los nervios es de 0,15 m y el espesor del panel es de 0,03m.

Figura 13.

Visualización de Paneles en planta en la Vivienda de Ferrocemento



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3. Calculo de la carga del panel propuesto de 3.60m para cubierta:

Para calcular el peso real que resistieron los paneles se le calcula su peso propio y luego se va sumando el peso que se le fue agregando por camada, el cálculo se realizó tanto al panel que trabaja en forma vertical como el que trabaja en forma horizontal.

$$\text{Área del panel: } 3,60\text{m} \times 0,45\text{m} = 1,62\text{m}^2$$

Peso propio del Panel $3,60\text{m} \times 0,75\text{m} \times 0,03\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 = 1,94\text{kN}$

Peso del panel /Área del panel: $1,94\text{kN}/1,62\text{m}^2 = 1,2\text{kN/m}^2$

3.4.4. Modelo estructural del panel.

3.4.4.1. Modelo Horizontal.

Las cargas del entrepiso y la cubierta se calcularon tomando las características de la losa de ferrocemento, en el entrepiso se considera la suma del peso propio del panel de ferrocemento, el enrajonado y la losa de granito; Se utilizan las normas peruanas al respecto E.020 y E.060 del RNE. La cubierta es inclinada y el impermeable a utilizar es de dos capas de papel asfáltico u otro similar.

3.4.4.1.1. Metrado de Cargas de Panel de Entrepiso.

Tabla 2.

Metrado de Cargas de Panel de Entrepiso

	L1(m)	H (m)	L2(m)	F-U	Cantidad	Carga	Unidad
Carga Permanente	0.75	0.03		24.00	1.00	0.54	KN/m
Acabados	0.45	0.02		20.00	1.00	0.18	KN/m
Loseta	0.45	0.01		24.00	1.00	0.11	KN/m
Carga viva	0.45			2.00	1.00	0.90	KN/m
Total Carga Muerta CM						0.83	KN/m
Total Carga Viva CV						0.90	KN/m

Fuente. Elaboración Propia.

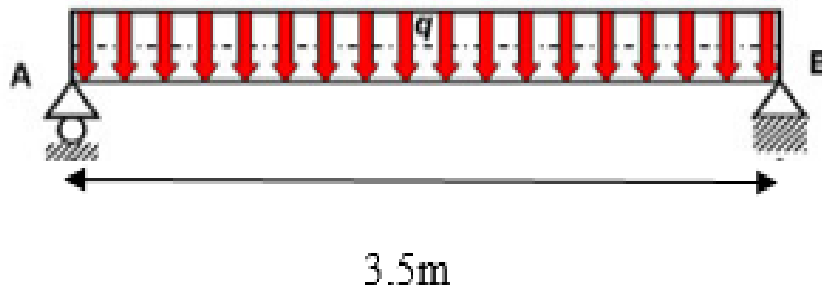
Se mayoran las cargas y se calculan los momentos actuantes M_u que solicitan a los paneles de entrepiso y cubierta, se consideran los moldes de análisis simplemente apoyados e independientes.

Se halla la carga mayorada.

$$P = 1.4CM + 1.7CV$$

Figura 14.

Carga Distribuida en el Panel de 3.50m



Fuente: Elaboración Propia.

$$P = 1.4 * 0.83KN/m + 1.7 * 0.90KN/m$$

$$P = 1.162KN/m + 1.43KN/m$$

$$P = 2.692KN/m$$

3.4.4.1.2. Metrado de Cargas de Panel de cubierta.

Tabla 3.

Metrado de Cargas de Panel de Techo

	L1(m)	H (m)	L2(m)	F-U	Cantidad	Carga	Unidad
Carga Permanente	0.75	0.03		24.00	1.00	0.54	KN/m
Tejas	0.45	0.005		6.00	1.00	0.01	KN/m
Carga viva	0.45			1.00	1.00	0.45	KN/m
Total Carga Muerta CM						0.55	KN/m
Total Carga Viva CV						0.45	KN/m

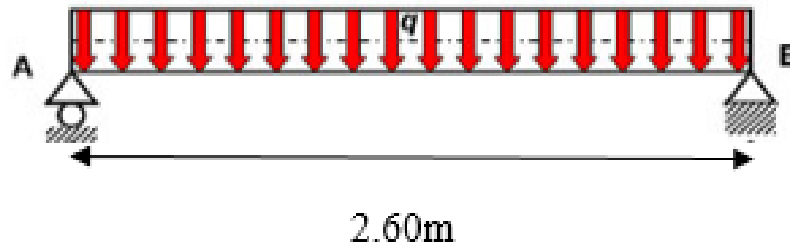
Fuente: Elaboración Propia.

Se halla la carga mayorada.

$$P = 1.4CM + 1.7CV$$

Figura 15.

Carga Distribuida en el Panel de 2.60 m



Fuente: Elaboración Propia.

$$P = 1.4 * 0.55KN/m + 1.7 * 0.45KN/m$$

$$P = 0.77KN/m + 0.765KN/m$$

$$P = 1.535KN/m$$

3.4.4.1.3. Momentos máximos para cada tipo de panel.

Entrepiso:

$$M_u = \frac{PL^2}{8}$$

$$M_u = \frac{\left(\frac{2.692KN}{m}\right)(3.5m)^2}{8}$$

$$M_u = 4.12KN - m$$

Cubierta:

$$M_u = \frac{PL^2}{8}$$

$$M_u = \frac{\left(\frac{1.535KN}{m}\right)(3.5m)^2}{8}$$

$$M_u = 2.36KN - m$$

Ya que en el Perú no existen normas específicas para el ferrocemento pero pueden aplicarse varios métodos para determinar el momento resistente de las secciones combinadas con mallas metálicas y acero en barra. Hay métodos

elásticos de rotura y diseño por estados límites donde se obtienen resultados similares. Sin embargo existe un método más utilizado por Dr. Alfonso Olveras, profesor mexicano y uno de los introductores del ferrocemento en México que permite obtener el momento resistente partiendo de las zonas de trabajo a compresión y tracción de la sección de ferrocemento. Este método se conoce como Método de Olveras.

Los parámetros que utiliza el método para determinar la longitud a compresión y así asumir la zona traccionada se detalla a continuación. Las características del mortero fue determinado en los ensayos y los valores de Resistencia a la fluencia de las barras de acero de 4 mm escogido por ser el único acero liso que se comercializa en Jaén se asume como 230 MPa. La resistencia de la malla escogida de acuerdo a las indicaciones peruanas puede estar entre 100 y 400 MPa, se escogió un valor medio de 200 MPa.

Método de Olvera.

$$L_c = \frac{R_a(A_s + A_{at})}{A_s(R_a + \sigma'_s) + 85R'_b e}$$

De donde:

A_s : Refuerzo uniformemente distribuido en cm^2/m

A_{at} : Refuerzo adicional trabajando a tracción en cm^2

R_a : Esfuerzo en el limite elastico a tracción en MPa

σ'_s : Esfuerzo en el refuerzo uniforme a compresión en MPa

R'_b : Esfuerzo de rotura del mortero en MPa

e : *Espesor de la sección*

L_c : Longitud de la sección transversal que trabaja a compresión en m

L : *Longitud total de la sección transversal en m*

- a. Se halla A_s Alambres de malla de 1mm de diámetro espaciados cada 0.85cm.

$$A_s = \frac{\pi(0.1cm)^2}{4} * \text{Cantidad alambres por m.}$$

$$A_s = 0.00785cm^2 * \text{Cantidad alambres/m.}$$

$$\text{Cantidad alambres/m} = \frac{100cm}{0.85cm} = 118$$

$$A_s = 0.00785cm^2 * \frac{118}{m} * \# \text{capas de malla}$$

$$A_s = 0.00785cm^2 * \frac{118}{m} * 2$$

$$A_s = 0.00785cm^2 * \frac{118}{m} * 2$$

$$A_s = 1.853 \frac{cm^2}{m}$$

b. Se halla A_{at} .

$$A_s = \frac{\pi(0.8cm)^2}{4} * \# \text{ de refuerzos}$$

$$A_s = 0.503cm^2 * 2$$

$$A_s = 1.006cm^2$$

c. Longitud total de sección transversal.

$$L = 0.75 m$$

d. Esfuerzo de rotura del mortero.

$$R'_b: 21MPa$$

e. Esfuerzo en el límite elástico a tracción.

$$R_a = 230MPa$$

f. Esfuerzo en el refuerzo uniforme a compresión.

$$\sigma_s = 200MPa$$

g. Espesor de la sección.

$$e = 3\text{cm}$$

Reemplazando todos los valores se obtiene:

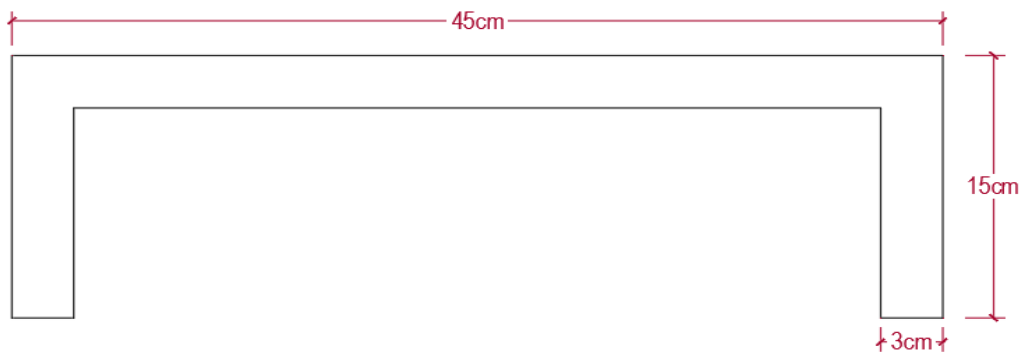
$$L_c = \frac{(1.835 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} * 0.75\text{m} + 1.006\text{cm}^2)230\text{MPa}}{1.835 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} (230\text{MPa} + 200\text{MPa}) + 85 * 21\text{MPa} * 3\text{cm}}$$

$$L_c = 0.0892\text{m}$$

Como L_c es menor que el ancho de la losa, podemos considerar que el centro de gravedad de la compresión está en el centro del espesor de ésta.

Figura 16.

Sección de Panel de Ferrocemento



Fuente: Elaboración Propia.

El valor del momento es:

$$Mr = 0.225 * 1.853 * 230 * \frac{0.15}{2} + 1.006 * 230 * 0.15$$

$$Mr = 4.19\text{KN} - \text{m}.$$

Se chequean los parámetros que caracterizan al ferrocemento, es decir la superficie específica “Se” y el fracción de volumen “Vf”.

3.4.4.1.4. Superficie específica y fracción de volumen.

Superficie específica:

La superficie específica “Se” deberá ser mayor a 0.5 cm⁻¹, se calcula toda la superficie de malla a lo largo de todo el panel de ferrocemento; se tendrá malla con longitudes de 360cm y 75cm; y también del alambión.

- ✓ Área total de la malla de 1 mm de diámetro.

$$S_{ma} = \text{Area lat.} * \text{long.} * \#alamb * \#capas \text{ malla} + \text{Area lat.} * \text{long.} * \#alam * \#capas \text{ malla}$$

$$S_{ma} = 2\pi(0.05cm)(360cm) \left(\frac{75}{0.85}\right)^2 + 2\pi(0.05cm)(75cm) \left(\frac{360}{0.85}\right)^2$$

$$S_{ma} = 19958.353cm^2 + 19\ 958.353cm^2$$

$$S_{ma} = \mathbf{39916.707cm^2}$$

- ✓ Área total de alambión de 8 mm de diámetro.

$$S_{al} = \text{Area lat.} * \text{long.} * \#alamb + \text{Area lat.} * \text{long.} * \#alamb$$

$$S_{al} = 2\pi(0.4cm)(360cm)5 + 2\pi(0.4cm)(75cm)11$$

$$S_{al} = \mathbf{6\ 597.345cm^2}$$

Fracción de Volumen:

La fracción de volumen “Fv” deberá ser mayor a 1.8%, se calcula todo el volumen de malla a lo largo de todo el panel de ferrocemento; tendremos malla con longitudes de 360cm y 75cm; y también del alambión.

- ✓ Volumen total de malla de 1 mm de diámetro.

$$V_{ma} = A_o * L * \#alam * \#capas + A_o * L * \#alam * \#capas$$

$$V_{ma} = \pi(0.0025cm^2)(360cm) \left(\frac{75}{0.85}\right)^2 + \pi(0.0025cm^2)(75cm) \left(\frac{360}{0.85}\right)^2$$

$$V_{ma} = \mathbf{997.918cm^3}$$

- ✓ Volumen total de alambión de 8 mm de diámetro.

$$V_{al} = A_o * L * \#alamb + A_o * L * \#alamb$$

$$V_{al} = \pi(0.4cm)^2(360cm)5 + \pi(0.4cm)^2(75cm)11$$

$$V_{al} = 1\,319.469cm^3$$

✓ Volumen del mortero.

$$V_{mo} = V_T - V_{ma} - V_{al}$$

$$V_{mo} = (3cm)(75cm)(360cm) - 1997.918cm^3 - 1\,319.469cm^3$$

$$V_{mo} = 77\,682.613cm^3$$

Valores de la superficie específica y fracción de volumen.

Superficie específica:

$$S_e = \frac{S_{ma} + S_{al}}{V_{mo}}$$

$$S_e = \frac{39916.707cm^2 + 6\,597.345cm^2}{77\,682.613cm^3}$$

$$S_e = 0.599cm^{-1}$$

$$S_e > 0.5 \dots OK$$

Fracción de volumen:

$$F_v = \frac{V_{ma} + V_{al}}{V_{mo}} * 100\%$$

$$F_v = \frac{997.918cm^3 + 1\,319.469cm^3}{77\,682.613cm^3} * 100\%$$

$$F_v = 0.02952 * 100\%$$

$$F_v = 2.983\%$$

$$F_v > 1.8\% \dots OK$$

Como se infiere de los cálculos la malla y el acero liso escogido y la cantidad utilizadas satisfacen los parámetros esenciales que caracterizan al ferrocemento

Sin embargo, se aprecia por los cálculos primarios que el Momento resistente es mayor que el Mu en el panel de cubierta $4.19\text{Kn-m} > 2.36 \text{ Kn-m}$ y además el momento actuante por la combinación de carga CM+CV para el panel de entrepiso es menor que el resistente, es decir $4.19\text{Kn-m} > 4.12 \text{ Kn-m}$. Como en diseño anterior con alambión de 4 mm no puede usarse para resistir la carga de entrepiso. En este caso se plantea aunque dificulta la compactación del panel que se utilice acero estructural de 8mm o 12 mm ya que ese acero en los nervios aporta más del 70 % del momento resistente.

Para los paneles portantes para paredes se escogió una sección similar al panel de cubierta y entrepiso pero con una altura de 2.70 m. Se calcula entonces el metrado de las cargas para aplicar las combinaciones con carga muerta, viva y carga sísmica según la norma peruana E.030.

3.4.4.1.5. Metrado de cargas de panel más esforzado

Tabla 4.

Metrado de Cargas del Panel más Esforzado

	L1(m)	H (m)	L2(m)	F-U	Cantidad	Cargas	Unidad
PANEL DE TECHO							
Panel de techo L= 3.18 m							
Carga permanente	0.75	0.03	3.18	24.00	2.00	3.43	KN
Teja en techo	0.45	0.005	3.18	6.00	1.00	0.04	KN
Acabados - mortero	0.45	0.02	3.18	20.00	1.00	0.57	KN
Loseta	0.45	0.01	3.18	24.00	1.00	0.34	KN
Carga viva en techo	0.45		3.18	1.00	1.00	1.43	KN
Carga viva en entrepiso	0.45		3.18	2.00	1.00	2.86	KN
PANEL DE MURO							

Panel de muro L= 2.70 m							
Carga permanente	0.75	0.03	2.70	24.00	2.00	2.92	KN
Viga cerramiento	0.20	0.30	0.45	24.00	2.00	1.30	KN
Total						12.90	KN

Fuente. Elaboración Propia.

3.4.4.1.6. Metrado de cargas para análisis sísmico.

Segundo piso; carga viva y carga muerta:

Tabla 5.

Medrado de Carga Muerta para Análisis Sísmico (Segundo Piso de la Vivienda)

	L1(m)	H(m)	L2(m)	F-U	Cantidad	Cargas	Unidad
Paneles de Techo	0.75	0.03	3.60	24.00	48.00	93.31	KN
Vigas de Cerramiento	0.20	0.30	10.74	24.00	3.00	46.40	KN
	0.20	0.30	3.04	24.00	4.00	17.51	KN
	0.20	0.30	3.07	24.00	3.00	13.26	KN
Paneles de Muro							
EJE 1	2.70	0.03	0.75	24.00	19.00	27.70	KN
EJE 2	2.70	0.03	0.75	24.00	15.00	21.87	KN
EJE 3	2.70	0.03	0.75	24.00	15.00	21.87	KN
ENTRE EJE 1-2	2.70	0.03	0.75	24.00	7.00	10.21	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	2.00	2.92	KN
ENTRE EJE 2-3	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75		7.00	10.21	KN

Tejas para Techo	7.20	0.01	10.80	6.00	1.00	2.33	KN
TOTAL						296.74	KN

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 6.

Metrado de Carga Viva para Análisis Sísmico (Segundo Piso de la Vivienda)

	L1 (m)	H(m)	L2 (m)	F-U	Cantidad	Cargas	Unidad
Techo	0.45		3.60	1.00	48.00	77.76	KN
TOTAL						77.76	KN

Fuente. Elaboración Propia.

Primer piso; carga viva y carga muerta:

Tabla 7.

Metrado de Carga Muerta para Análisis Sísmico (Primer Piso de la Vivienda)

	L1(m)	H (m)	L2 (m)	F-U	Cantidad	Cargas	Unidad
Paneles de techo	0.75	0.03	3.60	24.00	48.00	93.31	KN
Vigas de Cerramiento	0.20	0.30	10.74	24.00	3.00	46.40	KN
	0.20	0.30	3.04	24.00	4.00	17.51	KN
	0.20	0.30	3.07	24.00	3.00	13.26	KN
Paneles de Muro							
EJE 1	2.70	0.03	0.75	24.00	19.00	27.70	KN
EJE 2	2.70	0.03	0.75	24.00	15.00	21.87	KN
EJE 3	2.70	0.03	0.75	24.00	15.00	21.87	KN
ENTRE EJE 1-2	2.70	0.03	0.75	24.00	7.00	10.21	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	2.00	2.92	KN
ENTRE EJE 2-3	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN

	2.70	0.03	0.75	24.00	5.00	7.29	KN
	2.70	0.03	0.75	24.00	7.00	10.21	KN
ACABADOS							
Mortero	7.20	0.02	10.80	20.00	1.00	31.10	KN
Loseta	7.20	0.01	10.81	20.00	1.00	15.55	KN
TOTAL						341.07	KN

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 8.

Metrado de Carga Viva para Análisis Sísmico (Primer Piso de la Vivienda)

	L1 (m)	H (m)	L2 (m)	F-U	Cantidad	Cargas	Unidad
Techo	0.45		3.60	2.00	48.00	155.52	KN
			Total			155.52	KN

Fuente: Elaboración Propia

Resumen de cargas.

Tabla 9.

Resumen de Cargas de la Vivienda

Pisos	Carga Muerta (KN)	Carga Viva (KN)
Primero	341.07	155.52
Segundo	296.74	77.76

Fuente: Elaboración Propia

3.4.4.1.7. Parámetros.

- a. Tipo de edificación:** Edificaciones comunes (vivienda); por lo tanto es de categoría “C”.

Como el tipo de la edificación es “C” se debe considerar el 25% de la carga viva.

Tabla 10.

Carga Viva y Carga Muerta incluido el 25% de las Cargas

	Carga Muerta (KN)	25% Carga Viva (KN)	Total	Unidad
Primero	341.07	38.88	379.95	KN
Segundo	296.74	19.44	316.18	KN
Total			696.13	KN

Fuente: Elaboración Propia.

- b. Factor de Zona (Z):** Se ha considerado el lugar la provincia de Jaén, el cual pertenece a la Zona 2; cuyo factor de zona es:

$$Z = 0.25$$

- c. Factor de Uso (U):** De acuerdo al tipo de edificación que es “C”, el factor uso es:

$$U = 1.00$$

- d. Parámetros de sitio (S, TP, TL)**

Perfil tipo S3: Suelos Blandos.

El factor de suelo de acuerdo a la Zona 2 es:

$$S_3 = 1.4$$

Periodos:

$$T_P = 1.00$$

$$T_L = 1.60$$

- e. Periodo fundamental de vibración:**

El periodo fundamental de vibración para cada dirección se estima:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductibilidad limitada.

Entonces:

$$T = \frac{5.4}{60}$$

$$T = 0.09s$$

f. **Factor de amplificación sísmica (C):** De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica, por las siguientes expresiones.

$$T < T_P \qquad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \qquad C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \qquad C = 2.5 \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Entonces:

$$0.09 < 1.00 \qquad C = 2.5$$

g. **Coefficientes de reducción de las fuerzas sísmicas.**

✓ **Coefficiente básico de reducción (R_0):** De acuerdo al sistema estructural; el cual es de concreto armado (muros estructurales), el coeficiente es:

$$R_0 = 6.00$$

✓ **Factores de irregularidad: I_a e I_p :** Para el caso de la vivienda de ferrocemento, es una estructura regular; por lo tanto:

$$I_a \text{ e } I_p = 1.00$$

✓ El coeficiente de reducción es:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

$$R = 6 * 1 * 1$$

$$R = 6$$

3.4.4.1.8. Fuerza cortede en la base:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

$$V = \frac{0.25 * 1.0 * 2.5 * 1.4}{6} * 696.13KN$$

$$V = 101.52KN$$

3.4.4.1.9. Distribución de la fuerza sísmica en la altura

$$F_i = \alpha_i V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:

“n” es el número de pisos del edificio

“k” es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

a) Para T menor o igual a 0.5segundos: K=1.0

b) Para T mayor que 0.5segundos: K= (0.75+0.5T) ≤ 2.0

$$T \leq 0.5s \quad \text{--- -->} \quad K = 1.0$$

Tabla 11.

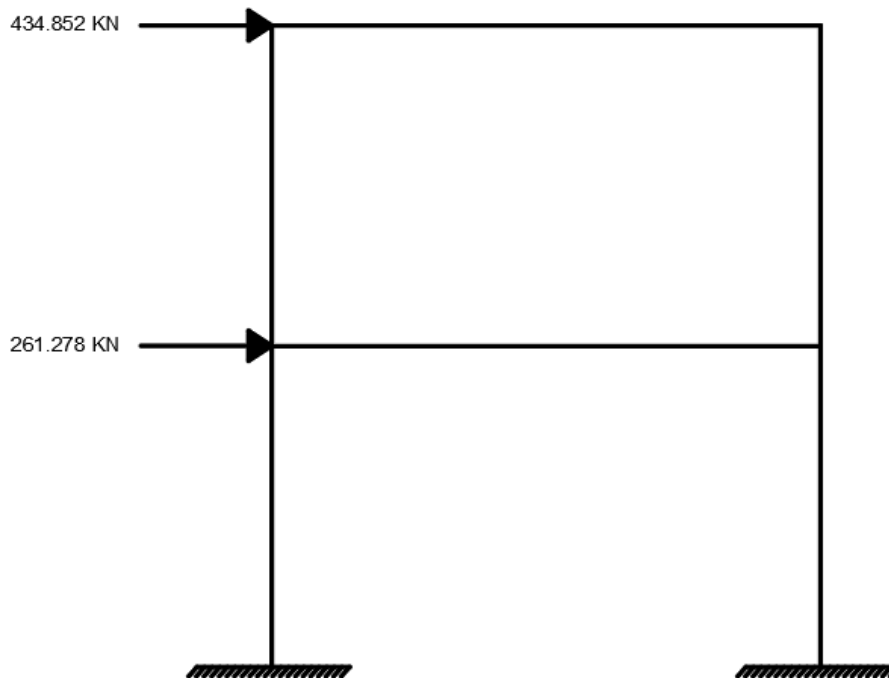
Distribución de Fuerza Sísmica en la Altura

	Pi	Hi	PiHi	α	Fi	Vi
2	316.18	5.4	1707.372	0.625	434.852	434.852
1	379.95	2.7	1025.865	0.375	261.278	696.130
		Σ	2733.237	1.00		

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17.

Fuerzas Sísmicas en la Vivienda



Fuente: Elaboración Propia.

Con las cargas, las dimensiones del panel de entrepiso, cubierta, paredes y las características del ferrocemento se entra al software profesional Staad Pro vi8.

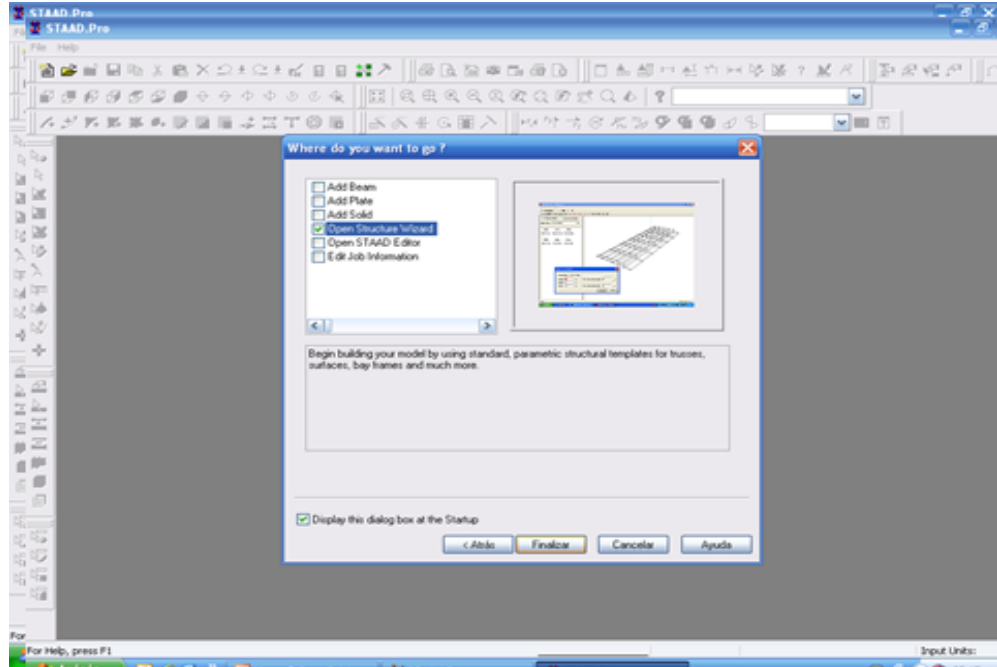
Consideraciones acerca de los materiales para entrar al Programa Staad Pro Vi8:

- El módulo de elasticidad del mortero relleno de 20000 MPa
- El módulo de elasticidad del ferrocemento de 17.376 KN/mm²
- El coeficiente de Poisson del ferrocemento es 0,2.

d) Se trabaja con una densidad para el ferrocemento de 24kN/m^3 .

Figura 18.

Ingresando Datos al STAAD Pro



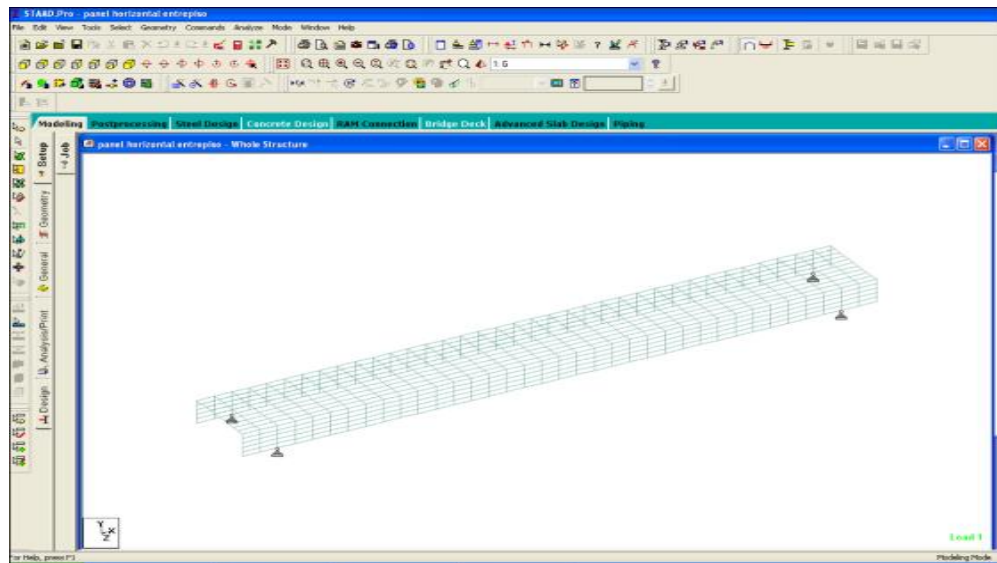
Fuente: Elaboración Propia.

Se aplican las combinaciones de carga al modelo que incluye la carga sísmica.

Se obtiene el modelo geométrico siguiente (fig. 19 y fig. 20)

Figura 19.

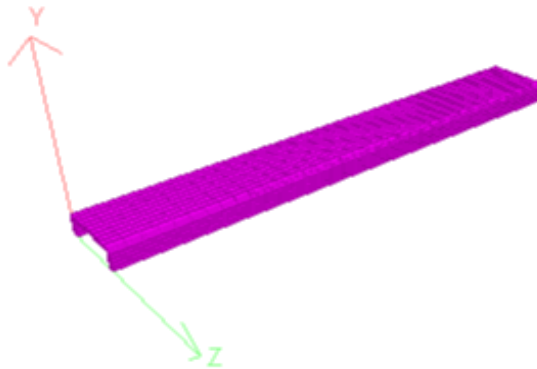
Modelo Geométrico del Panel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 20.

Modelo Geométrico del Panel

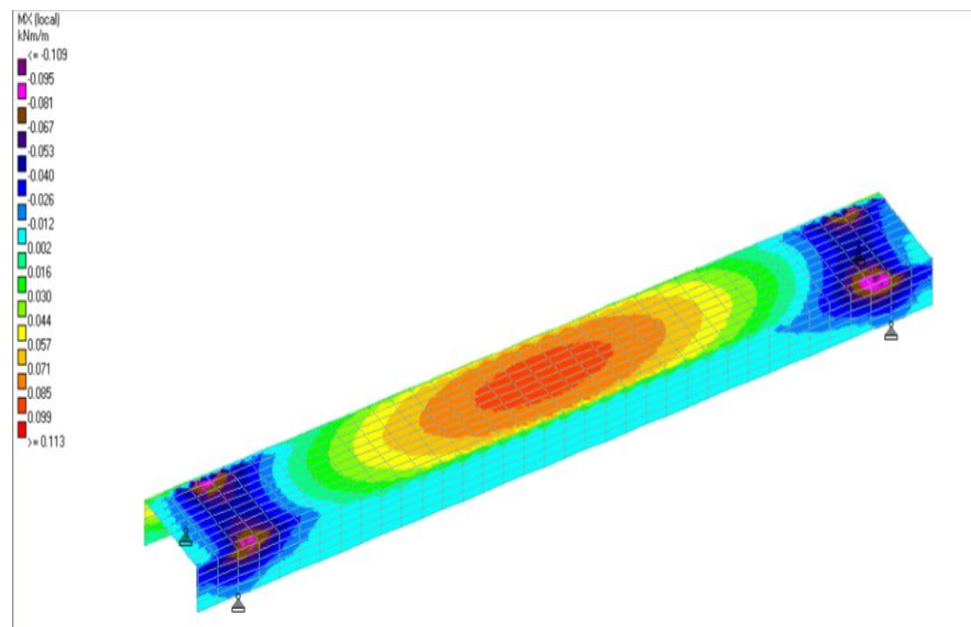


Fuente: Elaboración Propia.

Los momentos máximos en el centro son de alrededor de 4.12 KN-m las tensiones a tracción máximas que genera el estado de carga son de 3.00MPa, las compresiones son menores de 6 MPa.

Figura 21.

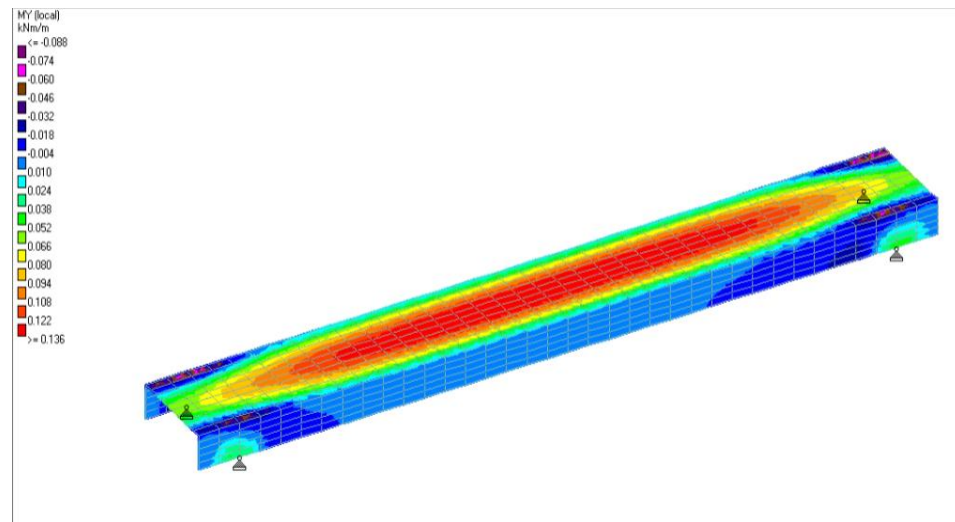
Estado Tensional en el Eje X del Panel Horizontal



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22.

Estado Tensional en el Eje Y del Panel Horizontal



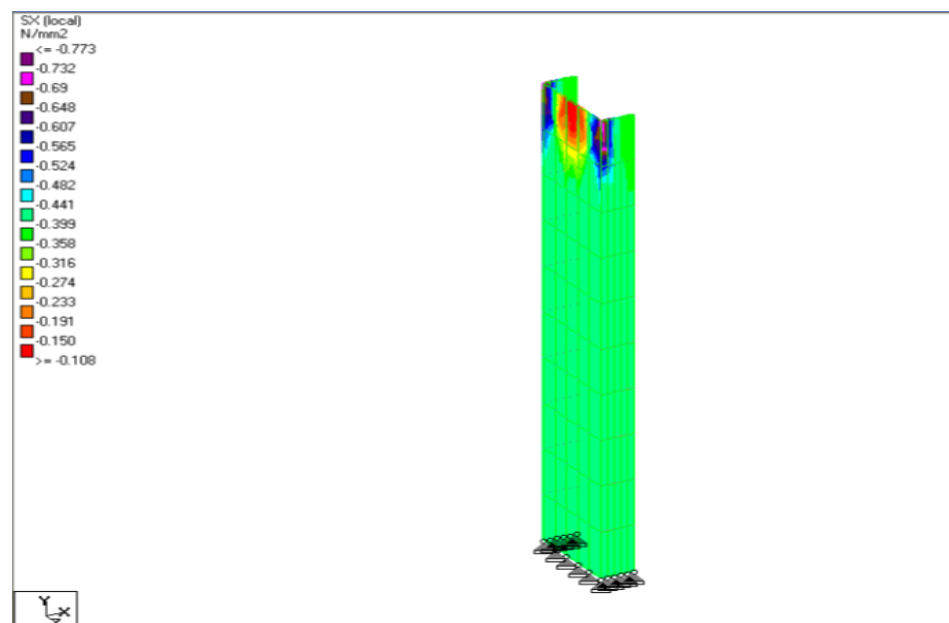
Fuente: Elaboración Propia.

3.4.4.2. Modelo Vertical.

Para el panel vertical se utilizan las dimensiones del panel diseñado para cumplir la labor de muros de cargas, es decir 2.70 m x 0.45 m para un estado de carga similar que incluye la viga cerramiento. Los modelos estructurales del Staad Pro.

Figura 23.

Estado Tensional en el Eje X

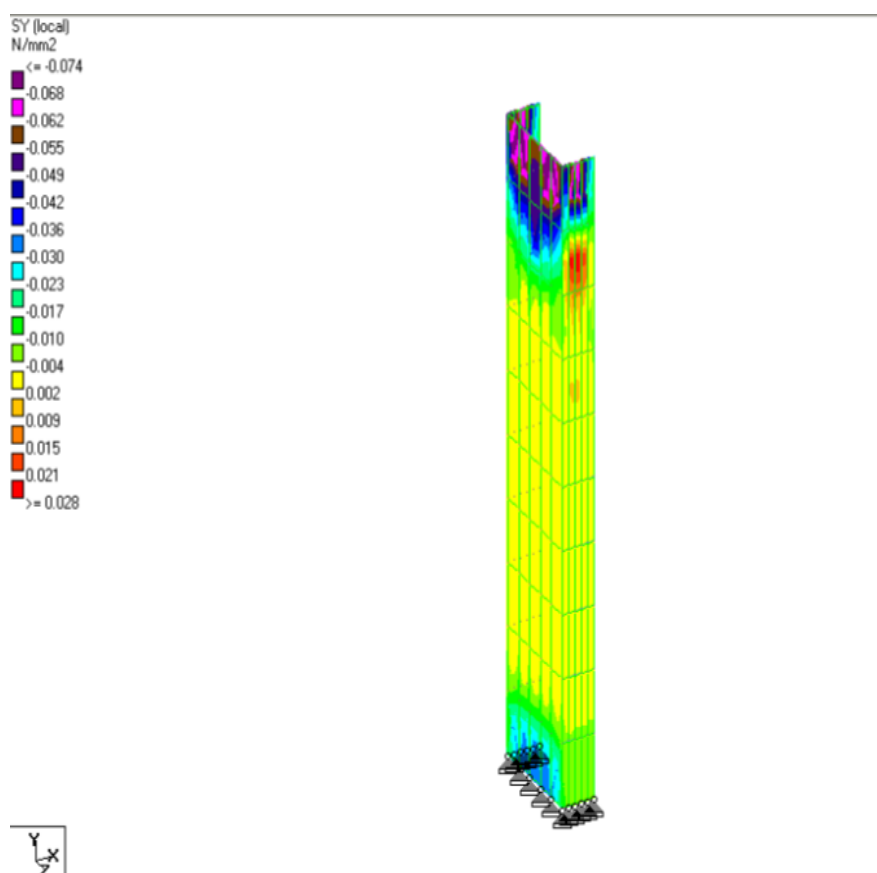


Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 23 se infiere que el panel para la carga que lo requiere está a compresión, como se refleja en el estado tensional por colores, no existen tracciones (son positivas en la convención del software) y las compresiones que aparecen son muy pequeñas, fácilmente asimilables por el panel que con dos mallas galvanizadas soldada cuadradas de esas dimensiones puede resistir compresiones mayores de 8 MPa fácilmente. Se deduce que el momento por pandeo es mínimo.

Figura 24.

Estado Tensional en el Eje Y



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.5. Selección de los materiales

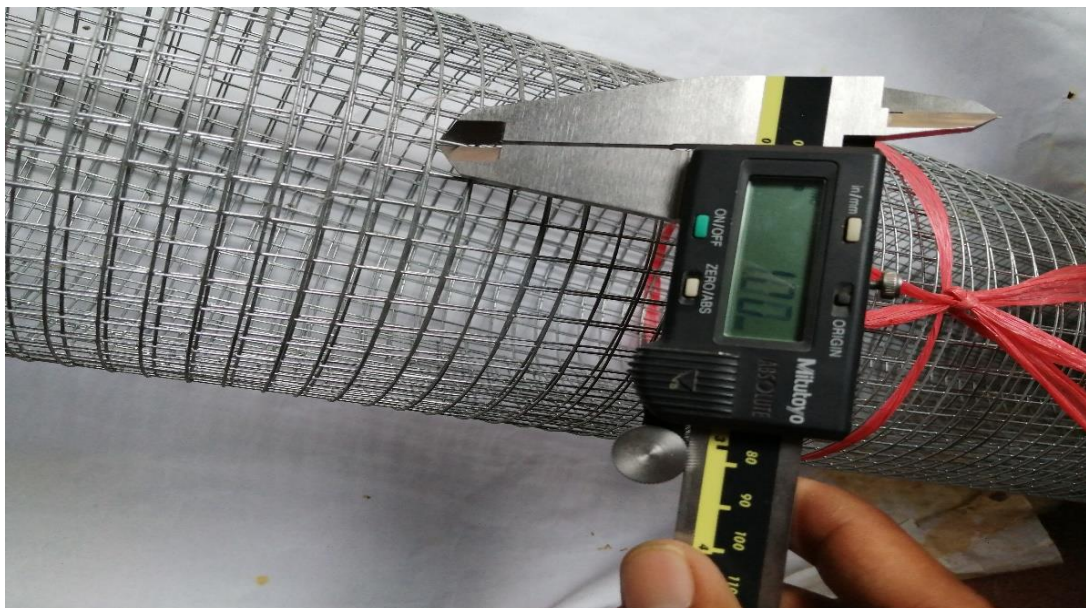
Escoger los materiales que conformarán los paneles. El cemento portland Tipo I, arena de la Arenera Santa Rosa. Se escogió en la red de comercio una malla de acero galvanizado, cuadrada, soldada, con alambre de 0.001m de diámetro y abertura de malla 0.0085m. El ancho del rollo es de 0.90 m y se comercializa en todo el país. El alambrón utilizado es de 0.004 m de diámetro

Figura 25.
Cemento Tipo I



Fuente: Elaboración Propia.

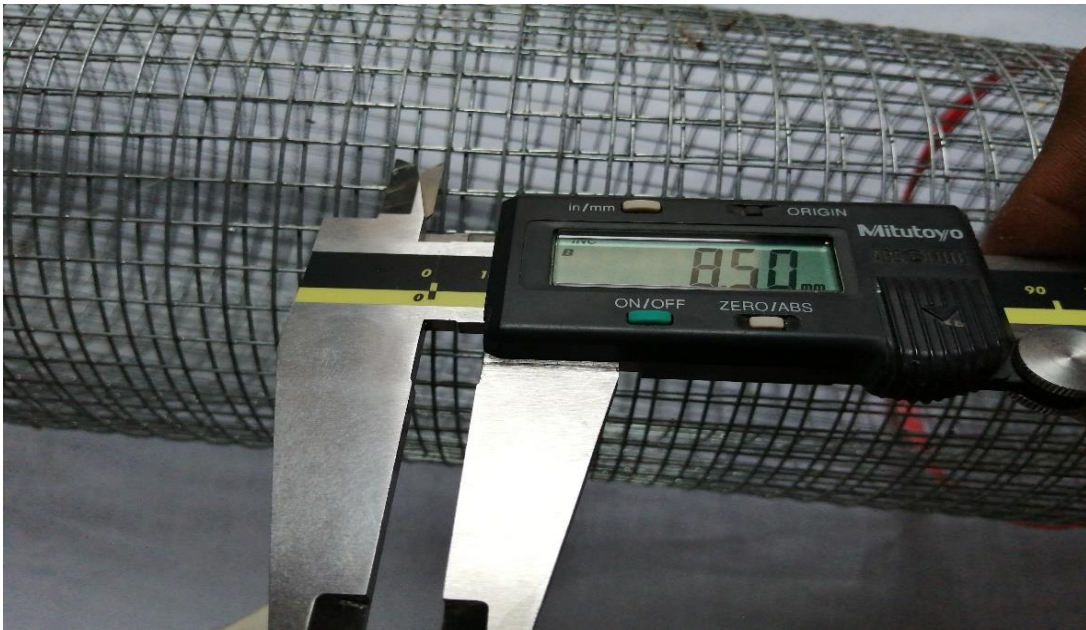
Figura 26.
Diámetro del Alambre de la Malla



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27.

Abertura de la Malla



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28.

Diámetro del Alambroón



Fuente: Elaboración Propia

De realizó el encofrado de madera para el molde del panel con medidas de 3.60m por 0.45m por 0.15m

Figura 29.

Molde de Madera para el Panel



Fuente: Elaboración Propia.

El molde para las probetas se realizó de material de triplay con medidas internas de 4cm*4cm*16cm.

Figura 30.

Molde Utilizado para los Testigos



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.6. Ensayo de laboratorio de los agregados

En este acápite se representa una descripción de los componentes usados en los paneles, las propiedades físicas y mecánicas de la matriz aglutinantes y los equilibrios de los componentes en el diseño y construcción de los paneles.

3.4.6.1. Características de lo agregado fino:

El agregado para el mortero que será utilizado en los paneles debe ser dura impermeable, libres de impurezas orgánicas, limpias y resistentes. La arena no debe ser porosa ni poseer exceso de polvo fino ya que este crea demasiados espacios vacíos lo cual aumenta la permeabilidad, reduce la durabilidad y desmejora el comportamiento estructural del mortero.

Las arenas blandas son afectadas por la abrasión y la reacción químicas en los morteros. La granulometría de la arena debe producir una distribución uniforme de los áridos, para lograr alta laborabilidad, densidad y resistencia, evitando la segregación y alto contenido de agua en la siguiente Tabla 12 se muestra resultado de la granulometría realizado en el laboratorio al agregado fino de la arenera Santa Rosa de la ciudad de Jaén.

Tabla 12.

Análisis Granulométrico de Agregado Fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Tamices	9.50	4.75	2.38	1.16	0.600	0.300	0.150
% Pasado	100	97.37	92.20	66.18	39.97	23.37	7.15
Especificaciones	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13.

Peso Unitario Suelto de Agregado Fino.

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del Recipiente + Material (gr)	7165.00	7166.00	7178.00
Peso del material (gr)	4828.00	4829.00	4841.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313

Peso unitario seco suelto (kg/cm³)	1511	1511	1515
Peso unitario seco suelto promedio (kg/cm³)	1513		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 31.

Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 01)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 32.

Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 02)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33.

Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 03)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14.

Peso Unitario Compactado de Agregado Fino

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del Recipiente + Material (gr)	7434.00	7481.00	7471.00
Peso del material (gr)	5097.00	5144.00	5134.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso unitario seco suelto (kg/cm3)	1595	1610	1607
Peso unitario seco suelto promedio (kg/cm3)			1604

Fuente: Elaboración Propia

Figura 34.

Compactando el Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 35.

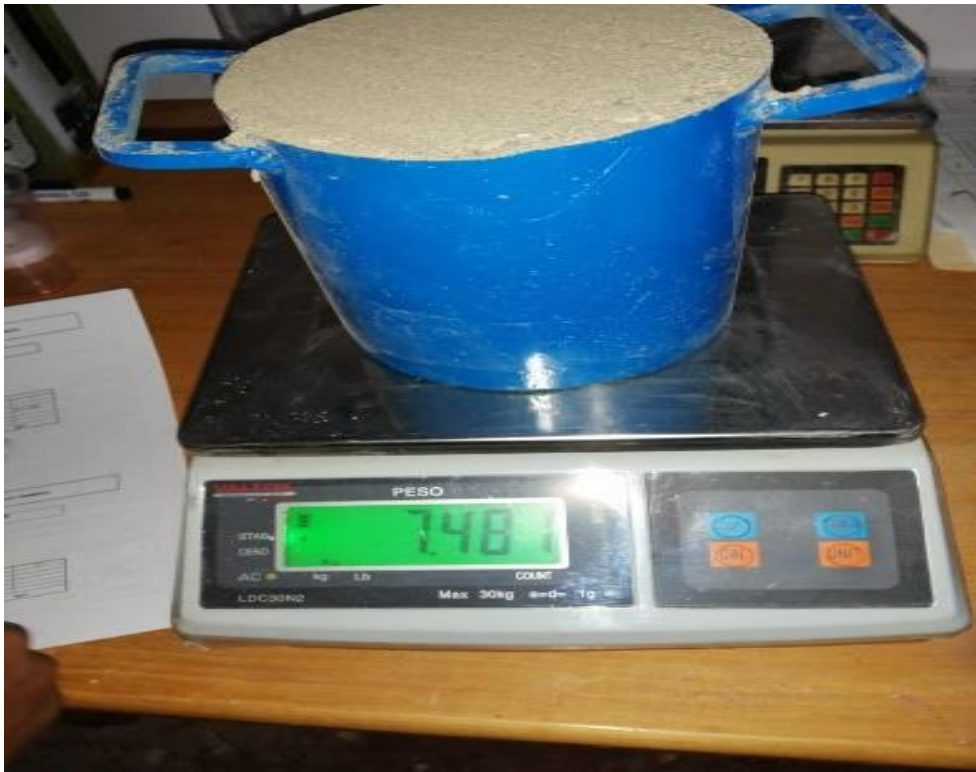
Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 01)



Fuente: Elaoración Propia

Figura 36.

Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 02)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 37.

Peso del Recipiente más el Material (Ensayo 03)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15.

Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	484.0	484.0	484.0	
Peso del picnómetro lleno de agua (gr)	886.0	889.0	890.0	
Peso total del picnómetro aforado con muestra y lleno de agua (gr)	1220.0	1221.0	1219.0	
Peso d la muestra saturada con superficie seca (gr)	500.0	500.0	500.0	
Peso específico de masa (gr/cm³)	2.92	2.88	2.83	2.88
Absorción (%)	3.31	3.31	3.31	3.31

Fuente: Elaboración Propia

3.4.7. Elaboración de los testigos de mortero

3.4.7.1. Asentamiento del mortero (Slump)

El asentamiento es uno de los indicadores importantes a tener en cuenta en el mortero fresco utilizado en el ferrocemento y el obtenido es de 5 cm el cual está dentro del rango establecido para el ferrocemento.

Figura 38.

Realización del Slump



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 39.

Colocando Mortero para la Realización del Slump



Fuente: Elaboración Propia.

Preparación de los testigos de mortero. Se prepararon testigos de 0.04x0.04x0.16m de mortero con dosificación 1:2 Cemento/arena y una relación agua cemento de 0.5, escogiéndose dentro de las normas de la ACI, norma cubana e indicaciones peruanas como dosificaciones posibles del mortero y se sometieron al curado para ensayo a los 7, 14 y 28 días, 3 probetas para cada tiempo de ensayo según establece la E-060 del RNE de Perú.

Se vertió una porción de la muestra con un peso aproximado de 300g de mortero en el molde, para que quede compactado se le aplicaron 25 golpes suaves y homogéneos en toda su superficie. Luego se vertió el resto del material y se repitió la misma operación para eliminar los espacios vacíos. Cuando el mortero empezó a endurecer se enrazó el molde con una superficie metálica. Para el curado de las probetas se introdujeron en un tanque para curado donde se mantuvieron con una temperatura entre 23°C a 27°C.

Figura 40.

Testigos de Mortero



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41.

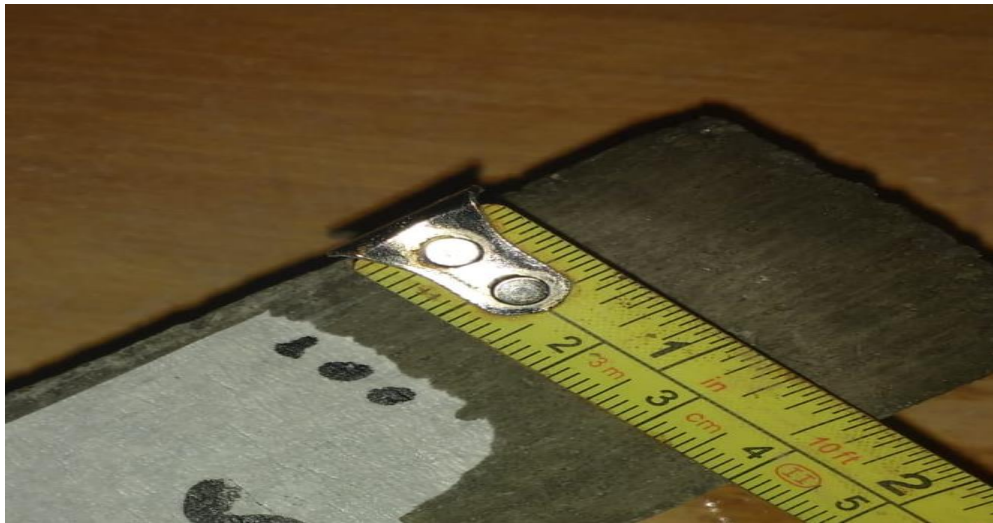
Curado de los Testigos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 42.

Dimensión del Testigo de Mortero



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 43.

Dimensión del Testigo de Mortero



Fuente: Elaboración Propia.

En este caso a la hora de elaborar mortero para el panel, no se le agregó ningún tipo de aditivo buscando que el mortero nos mostrara su valor más desfavorable.

3.4.8. Elaboración y confección del panel de ferrocemento

Es importante aclarar que el trabajo que se presenta, es una aproximación a una evaluación de los paneles con elementos portantes ya que una producción masiva requiere de control de la calidad en la confección de la malla y tal vez un número mayor de ensayos. Sin embargo los resultados que se obtienen, denotan que tiene amplias posibilidades de utilizarse como un material alternativo.

3.4.8.1. Descripción del panel:

Para soportar la carga vertical se diseñó un panel de un largo de 2,70 m con 0,45 m de ancho con dos nervios espaciados a 0,40 m y de 0,15m de altura, tanto los nervios como el panel tienen un espesor de 3 cm. Como paneles propuestos para soportar la carga horizontal se diseñó y se elaboró un panel de un largo de 3,60 m con 0,45 m de ancho con dos nervios espaciados a 0,40 m y de 0,15m de altura, tanto los nervios como el panel tienen un espesor de 3 cm.

3.4.8.2. Construcción de la armadura del panel:

Para elaborar el panel primeramente se cortó el alambón a la distancia propuesta y se armó la estructura del esqueleto, donde se les proporcionaron las dimensiones de 3,60m x 0,40m para el panel que iba a realizar la función de losa de cubierta y entrepiso.

Figura 44.

Estructura de Esqueleto con Alambrón



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.8.3. Unión de la armadura y la malla metálica:

Luego se le fijó la malla sobre la armadura, la malla se puso doble como hace referencia la Norma Cubana (NC, 2007 Código de buenas prácticas de ferrocemento con telas de malla y armadura de esqueleto.)

Figura 45.

Unión de la Armadura de Alambrón y Capas de Malla



Fuente: Elaboración Propia.

Para lograr la función básica del refuerzo que no es más que dar forma a la estructura, fijar el reticulado y sostener el mortero desde el primer momento de su proyección o colocación; desde el punto de vista estructural es contribuir a

los esfuerzos de tracción que el mortero sólo no puede soportar e incrementar la resistencia al impacto.

3.4.8.4. Encofrado del panel

Los molde que se usaron para confeccionar los paneles fue mediante tablas las cuales se tuvo en cuenta que tuvieran el largo adecuado y un grosor de 1 a 2 pulgadas para evitar que doblaran lo menos posible.

Figura 46.

Molde de Madera para Encofrado del Panel.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 47.

Alambrón, dos Capas de Malla y Madera.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 48.

Llenado del Panel con Mortero.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 49.

Elaboración del Panel.



Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo en cuenta que el mortero tuviera denso, compacto y bien curado, permitiendo esto tener baja permeabilidad ya que no se usó vibrador en la compactación del panel.

Figura 50.

Panel Desencofrado y curado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 51.

Panel de Entrepiso a los 28 días



Fuente: Elaboración Propia

IV. RESULTADOS:

4.1. Ensayos de laboratorios de los agregados

Tabla 16.

Análisis Granulométrico de Agregado Fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Tamices	9.50	4.75	2.38	1.16	0.600	0.300	0.150
% Pasado	100	97.37	92.20	66.18	39.97	23.37	7.15
Especificaciones	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17.

Peso Unitario Suelto de Agregado Fino

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del Recipiente + Material (gr)	7165.00	7166.00	7178.00
Peso del material (gr)	4828.00	4829.00	4841.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso unitario seco suelto (kg/cm3)	1511	1511	1515
Peso unitario seco suelto promedio (kg/cm3)		1513	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18.*Peso Unitario Compactado de Agregado Fino.*

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del Recipiente + Material (gr)	7434.00	7481.00	7471.00
Peso del material (gr)	5097.00	5144.00	5134.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso unitario seco suelto (kg/cm3)	1595	1610	1607
Peso unitario seco suelto promedio (kg/cm3)		1604	

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 19.***Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino.*

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	484.0	484.0	484.0	
Peso del picnómetro lleno de agua (gr)	886.0	889.0	890.0	
Peso total del picnómetro aforado con muestra y lleno de agua (gr)	1220.0	1221.0	1219.0	
Peso d la muestra saturada con superficie seca (gr)	500.0	500.0	500.0	
Peso específico de masa (gr/cm3)	2.92	2.88	2.83	2.88
Absorción (%)	3.31	3.31	3.31	3.31

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Ensayos a compresión del mortero

La resistencia a compresión fue dada mediante una carga uniformemente repartida hasta romper completamente las probetas, estos ensayo fueron realizados por la prensa modelo la cual se encuentra laborando en los laboratorios de Jaén. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 20.

Tabla 20.

Ensayo a Compresión de los Testigos a 07, 14 y 28 Días.

	7 Días	14 Días	28 Días
Compresión (MPa). Testigo # 1	15.99	16.49	21.02
Compresión (MPa). Testigo # 2	15.63	16.43	20.96
Compresión (MPa). Testigo # 3	14.90	16.55	21.39
Promedio (MPa)	15.51	16.49	21.12

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 52.

Ensayo a Compresión del Testigo a los 07 Días.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 53.

Ensayo a Compresión del Testigo a los 14 Días



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 54.

Ensayo a Compresión del Testigo a los 28 Días.



Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Ensayos a flexión del panel de ferrocemento empíricamente

Los paneles fueron ensayados en el laboratorio LABSUC con la aplicación de carga por tiempo, la carga usada fueron sacos de arena debidamente pesados de 50 kg cada uno colocados a lo largo del panel en camadas.

Figura 55.

Panel Cargado Con Sacos de 50kg Sometido a Flexión.



Fuente: Elaboración Propia.

El ensayo empírico a flexión del panel, resistió la carga de 500 Kg distribuida en sacos de arena con muchas dificultades pues el panel se fisuró casi inmediatamente de colocada la última carga, lo que no es común en la bibliografía consultada. Y tuvo un fallo brusco cuando se le colocó la carga de 1000 Kg distribuida. El fallo se produjo a flexión, por el centro del panel y no hubo prácticamente deformación previa, ocurrió bruscamente lo que indica que el alambón tenía mucho menos resistencia que lo previsto en los análisis, pues por no existir máquinas de ensayo universal en la ciudad no pudieron ensayarse a tracción los aceros de soporte en barras, ni las mallas.

4.4. Comparación técnico económico con otras alternativas deconstrucción.

4.4.1. Vivienda de ferrocemento.

Utilizando el software de S10 la vivienda de ferrocemento tiene un costo directo de: cuarenta y cuatro mil quinientos setenta y seis 07/100 nuevos soles. Ver ANEXO 4

4.4.2. Vivienda tradicional:

Utilizando el software de S10 la vivienda tradicional tiene un costo directo de: setenta y cinco mil ochocientos cincuenta y cinco 81/100 nuevos soles. Ver ANEXO 4

V. DISCUSIÓN.

1. El ensayo empírico a flexión del panel, resistió la carga de 500 Kg distribuida en sacos de arena con muchas dificultades pues el panel se fisuró casi inmediatamente de colocada la última carga, lo que no es común en la bibliografía consultada. Y tuvo un fallo brusco cuando se le colocó la carga de 1000 Kg distribuida. El fallo se produjo a flexión, por el centro del panel y no hubo prácticamente deformación previa, ocurrió bruscamente lo que indica que el alambión tenía mucho menos resistencia que lo previsto en los análisis, pues por no existir máquinas de ensayo universal en la ciudad no pudieron ensayarse a tracción los aceros de soporte en barras, ni las mallas.
2. Del análisis técnico económico se aprecia un 41.30% más económica la vivienda de ferrocemento frente a una de sistema apórticado y además se tiene un mejor control de calidad de sus componentes “panel de ferrocemento”; se concuerda con lo mencionado en el 2005 por Rogel Maldonado, en donde concluye que en la parte habitacional se han desarrollado sistemas enfocados a la industria del prefabricado, de elementos componentes de una vivienda, lo que lleva consigo un control de calidad muy eficiente. (...) permitiendo disminuir la cantidad de partidas en obra, lo que lleva a un costo relativamente menor en relación con los sistemas tradicionales.
3. Con respecto al acabado del panel de ferrocemento, no concordamos con lo dicho por Daniel Quiun (2011) donde afirma la dificultad para el llenado y el mal acabado; ya que en nuestra investigación no tuvimos dificultad alguna para el llenado y como resultado obtuvimos un buen acabado.

VI. CONCLUSIONES.

1. Se diseñó el panel para la vivienda; luego realizó el modelamiento del panel; utilizando el software profesional Staad Pro. Previamente se realizó el metrado de las cargas y se utilizaron las combinaciones de cargas normadas en Perú para Carga Muerta, Carga Viva y Carga Sísmica, esta última, la correspondiente a la ciudad de Jaén.
2. Se proyectó una vivienda unifamiliar de dos niveles con un área de 68.04m², se consideraron 01 sala, 02 dormitorios y 01 cocina además de los servicios higiénicos consideraciones para cada nivel; vale recalcar que para el tema de escalera que una ambos niveles; ésta fue considerada de manera independiente.
3. Al realizar los ensayos las propiedades mecánicas del mortero dieron la resistencia a compresión promedio a los 7 días de curado de 158kg/cm²; 14 días de curado de 168kg/cm² y 28 días de curado de 215kg/cm² donde podemos afirmar que el resultado óptimo es mucho mejor de lo esperado que era de 210kg/cm².
4. Se construyó panel para entrepiso de 3.60 m de largo por 0.45 m de ancho, nervios de 0.15 m de longitud y un espesor de 0.03 m., utilizando malla metálica galvanizada cuadrada soldada de alambres de 1 mm de diámetro y abertura de malla de 0.85 cm, acero en barras liso de 4mm de diámetro y mortero (arena y cemento portland tipo D), con una proporción de cemento/arena de 1:2 y agua/cemento de 0.50. Al no tener barras lisas de 8mm se utilizaron barras de 4mm como esqueleto de soporte, en mayor proporción.
5. Se sometió empíricamente el panel diseñado para cubierta y entrepiso a carga distribuida a flexión para determinar sus deformaciones y resistencia a rotura comprobándose que el alambrón utilizado de 4 mm no resiste las combinaciones de cargas de entrepiso, las formas de fallo así lo atestiguan.

6. Se realizó un análisis técnico – económico aplicando el programa S10 Costos y Presupuestos donde se obtiene que el sistema prefabricado de viviendas utilizando paneles de ferrocemento es un 41.29 % más económico que los sistemas tradicionales.

7. El trabajo, como primera aproximación al uso del ferrocemento en la región logra hacer una evaluación del material en viviendas antisísmicas y demuestra que es posible diseñar y construir viviendas resistentes, económicas y confortables utilizando técnicas de prefabricado con mano de obra poco calificada y en menor tiempo que las tradicionales. Queda además un material que servirá de guía a los que se adentren en esta nueva técnica en nuestro país.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Investigar en un nuevo trabajo, los materiales que existen en la red comercial, ensayando a tracción las barras corrugadas que se comercializan así como las mallas y proponer otras variantes para edificios.
2. Proponer que para posteriores investigaciones del ferrocemento, se proyecten viviendas incluyendo el diseño de escaleras interiores.
3. Utilizar moldes metálicos para la elaboración de testigos debido a que son más reutilizables y además ayudan a dar una mejor forma al testigo.
4. Utilizar encofrados metálicos para la fabricación de paneles de ferrocemento.
5. Se recomienda que para los paneles de entrepiso deben utilizarse aceros de 8 mm como acero sostenedor de la malla y como acero estructural en los nervios. También podían utilizarse barras de acero corrugado de 12 mm y le darían a la estructura mayor solidez.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Bedoya Ruiz, D. A. (2005). *Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmica de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento*. Barcelona.
- Bedoya, D. A., & Álvarez, D. (2009). Comportamiento de viviendas de ferrocemento para cargas cíclicas. *Revista Ingenierías de Medellín*.
- Bustamante Vergara, S. (2004). *Refuerzo de vigas de hormigon armado empleando ferrocemento*. Vladiviva.
- Carranza Rivas, C. (2010). *Ferrocemento: Estudio del mortero reforzado con malla de alambre y sus aplicaciones*. Lima.
- CEPIS-OPS. (2002). *"Fundamentos para la aplicación de ferrocemento"*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente; Organización Mundial de la Salud. Lima.
- Corredor, G. I. (2012). Coordinación Modular y Ferrocemento. *En FERRO10 X. Simposio Internacional de ferrocemento. Una tecnología apropiada y sostenible para países en desarrollo.*, (págs. 393-417). La Habana.
- Fernández, & Pérez Cerezáles, E. (2013). *Análisis y diseño de un sistema constructivo sismoresistente de ferrocemento para edificios de hasta 5 niveles*. Camagüey.
- Guerrero Zúñiga, A., & Gónzales Salcedo, L. (2008). *Conceptos generales de ferrocemento*. Palmira.
- Guevara, R. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en el sector Los Aromos, Jaén - Cajamarca*. Jaén.
- Llanes, C. (1995). *Análisis de un edificio de ferrocemento considerando los criterios para minimizar los efectos de un terremoto*. La Habana.

- Materials. (2014). Ferrocemento, una opción modular al Hormigón Armado. *Plataforma Arquitectura*.
- Mederos, & Pérez Cerezáles, E. (2013). *Análisis y diseño de depósitos de ferrocemento antisísmicos de gran capacidad para el almacenaje de agua*.
- Milanés, Y. M. (2013). *Análisis y diseño de depósitos de ferrocemento antisísmico de gran capacidad para el almacenaje de agua*. Cuba.
- Naaman, A. E. (1979). *Deformance Criteria of Ferrocement*.
- Normalización, O. N. (2007). *Código de buenas prácticas para el ferrocemento con telas de mallas de alambre y armaduras de esqueleto*. La Habana.
- ONN. (2007). *Código de buenas prácticas para el ferrocemento*. La Habana.
- Paul, N., & Pama, R. (2004). *Ferrocemento (7ma ed)*. Barcelona.
- Pérez, & Meléndez. (2017). *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Estructuras de Ferrocemento*. Lima.
- Quiun, D. (2011). *Desarrollo del ferrocemento en la construcción de viviendas. Segunda etapa*. Lima.
- Rivas, H. W., & Hernández, Y.-L. L. (2012). Sistema de edificios residenciales sismoresistentes de ferrocemento (SERF): Una opción para la construcción de viviendas de interés social. *En FERRO10 X. Simposio Internacional de ferrocemento. Una tecnología apropiada y sostenible para países en desarrollo.*, (págs. 375-386). La Habana.
- Rogel Maldonado, I. A. (2005). *Muros de contención de ferrocemento*. Valdivia.
- Saavedra, C. (2002). Ferrocemento: Innovación tecnológica económica para construir vivienda social. *Revista BIT*, 21-23.

- Salvador Medina, Z., & Pérez Cerezáles, E. (2013). Elementos portantes de Ferrocemento para piscina antisísmica . *Revista Científica Pakamuros*, 60-65.
- Sandoval Sagner, V. A. (2006). *Diseño y ensayo de una losa de ferrocemento de 5 metros de largo*. Valdivia.
- Vera, J. E. (2012). Piscinas de perímetro irregular (curvos). *En FERRO10 X. Simposio Internacional de ferrocemento. Una tecnología apropiada y sostenible para países en desarrollo.*, (págs. 341-344). La Habana.
- Wainshtok, H. (1998). *Ferrocemento Diseño y construcción*. Guayaquil: Feliz Valera.
- Wainshtok, H. (2007). El ferrocemento en Cuba. *5ta Conferencia latinoamericana y del Caribe de Ferrocemento*. Quito.
- Wainshtok, H., & Lizazo, Y. (2014). El uso del ferrocemento en la construcción civil. Experiencia cubana. *Arquitectura y Urbanismo*, 97-102.
- Zulueta Martínez, L. E. (2018). *Evaluación de Paneles de Ferrocemento Nervados con Malla Plástica*. Camagüey.

DEDICATORIA.

A mis Padres Ciro y Esther por estar presente en cada uno de mis pasos, por su sacrificio, sus consejos, por inculcarme valores, por su comprensión, por animarme a seguir adelante y creer en mí.

A mis hermanos Jhimy y Jairo por estar presentes con su apoyo incondicional; a mi familia por estar ahí en cada momento que lo requerí.

Jhon Shnaydey.

A mis padres Reyna e Isaías por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes. Me formaron con principios valores y algunas libertades, recibiendo motivaciones constantes para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos y toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Andy Vasquez.

AGRADECIMIENTO.

A la Universidad Nacional de Jaén por su acogida en sus aulas, contribuir en nuestra formación académica y profesional.

A cada uno de los docentes que a lo largo de nuestra vida académica nos inculcaron valores, seguir adelante, y nunca rendirnos a pesar de las adversidades; por su confianza, dedicación, y enseñanza brindada.

Al Ingeniero Ernesto Pérez Cerezales, al Mg Billy Alexis Cayatopa Calderón; por su asesoría, tiempo, dedicación y orientación brindada desde el inicio hasta el final de este proyecto.

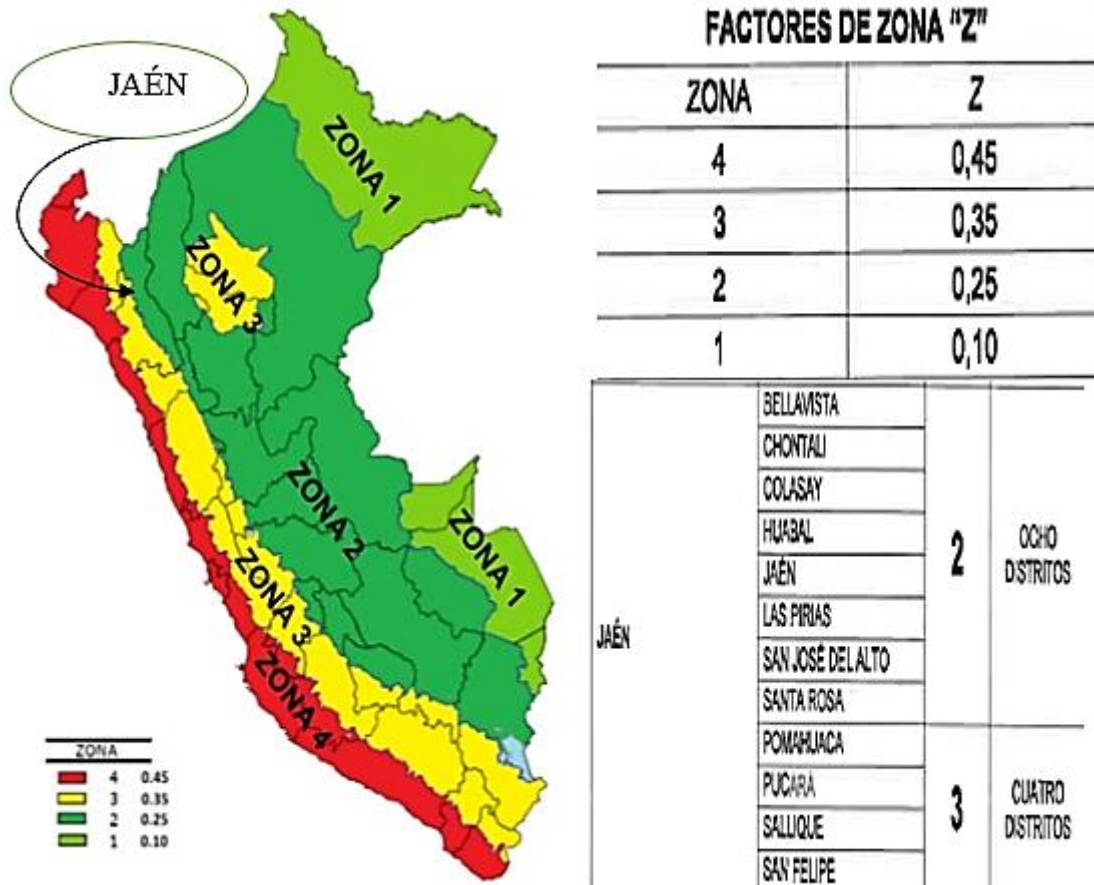
Al Bach. Frann Drezner Huatangare Rojas y a los integrantes del Laboratorio LABSUC por su colaboración durante la ejecución de este proyecto.

ANEXOS

Anexo 1. Zonas Sísmicas del Perú.

Figura 56.

Ubicación de Jaén en la Zona Sísmica 2



Fuente: Reglamento Nacional Edificaciones - Sismorresistencia (E-030)

Anexo 2. Ficha Técnica de la Malla

Figura 57.

Especificación de Malla.



Malla metálica cuadrada tejida por alambre de hierro de alta calidad. Todas las necesidades. Presentación en rollo

DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	PESO DEL ROLLO
MALLA CUADRADA GALVANIZADA	M	M	KG
10 x 10 mm	1.00	25	24.75
25 x 25 mm	1.00 1.50	25	28.10 42.20
50 x 50 mm	1.00 1.50	25	27.50 41.20

DETALLES TÉCNICOS				COMPOSICIÓN QUÍMICA				
DIÁMETRO DEL ALAMBRE	RECUBRIMIENTO DE ZINC	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	ELONGACIÓN	C	MN	SI	S	P
1.00 mm	35G/M2	460MPA	22%	0.06%	0.32%	0.10%	0.025%	0.11%
1.50 mm	35G/M2	460MPA	22%	0.06%	0.32%	0.10%	0.025%	0.11%
2.10 mm	55G/M2	470MPA	22%	0.06%	0.32%	0.10%	0.025%	0.11%



Aplicaciones del producto



REV.01 03/17

25 años de confianza

ventas@agroredes.com.ar

www.agroredes.com.ar

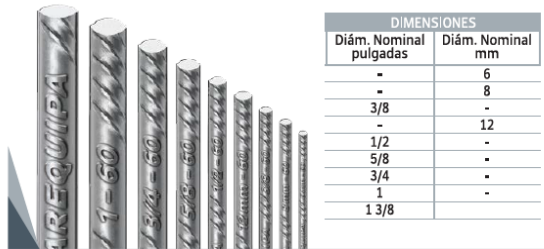
(011) 3220.3099

Anexo 3. Ficha Técnica del Acero

Figura 58.

Especificación del Acero

Fierro Corrugado ASTM A615 - Grado 60



Nuestros fierros corrugados ofrecen gran seguridad frente a los sismos, porque cumplen todas las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú y son fabricados con la más avanzada tecnología, bajo un estricto control de calidad.

Sus corrugas aseguran una buena adherencia al concreto. Además, el 100% de nuestros fierros tiene pesos y medidas exactas.

Se identifican por la marca de Aceros Arequipa y el diámetro que van grabados en cada fierro.



NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química, Propiedades Mecánicas y Tolerancias Dimensionales: ASTM A615 Grado 60 / NTP 341.031 Grado 60 (Norma Técnica Peruana)/ Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

USOS:

Se utiliza en la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo: en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc.

PRESENTACIÓN:

Se produce en barras de 9 m y 12 m de longitud en los siguientes diámetros: 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1" y 1 3/8". Previo acuerdo, se puede producir en otros diámetros y longitudes requeridos por los clientes.

Se suministra en paquetes de 2 toneladas, en varillas y como ACEDIM®. Las barras de 6mm también se comercializan en rollos de 550 kg.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia (fy) = 4,280 kg/cm² mínimo
 Resistencia a la Tracción (R) = 6,320 kg/cm² mínimo
 Relación R/fy ≥ 1.25

Alargamiento en 200 mm:

Diámetros:
 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4" = 9% mínimo
 1" = 8% mínimo
 1 3/8" = 7% mínimo
 Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros

Figura 59.

Especificación de Acero

Normas	Diámetro de Barra	Sección (mm ²)	Perímetro mm	Peso kg/m	Alargamiento en 200 mm	Resistencia a la tracción R	Límite de fluencia (fy)	Relación R/fy	Diámetro de Barra	Diámetro de Pin	Diámetro del Pin (mm)	DOBLADO
Cumple simultáneamente con las Normas NTP 341.031 Grado 60 y NTP 339.186 Grado 60 (ASTM A615 Grado 60 y ASTM A706 Grado 60)	6 mm	28	18.8	0.222	14% mínimo	620 MPA (6.320 kg/cm ²) mínimo	420 Mpa (4,280 kg/cm ²) mínimo	≥ 1.25	6 mm	3d	18.0	
	8 mm	50	25.1	0.395					24.0			
	3/8"	71	29.9	0.56					28.6			
	12 mm	113	37.7	0.888					36.0			
	1/2"	129	39.9	0.994					38.1			
	5/8"	199	49.9	1.552	47.6							
	3/4"	284	59.8	2.235	76.2							
	1"	510	79.8	3.973	101.6							
	1 3/8"	1006	112.5	7.907	209.6							
						12% mínimo				4d		
									6d			

**ANEXO 4. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA
VIVIENDA TRADICIONAL Y DE
FERROCEMENTO**

Presupuesto

Presupuesto 0103018 VIVIENDA UNIFAMILIAR DE FERROCEMENTO
 Subpresupuesto 001 VIVIENDA UNIFAMILIAR DE FERROCEMENTO
 Cliente TESISTAS ANDY VASQUEZ Y JHON JULCA
 Lugar CAJAMARCA - JAEN - JAEN

Costo al 03/12/2019

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ESTRUCTURAS				38,936.53
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				97.34
01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	54.38	1.03	56.01
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	54.38	0.76	41.33
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				235.84
01.02.01	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS	m3	10.37	15.45	160.22
01.02.02	RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS MANUAL	m3	1.45	23.80	34.51
01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	11.14	3.69	41.11
01.03	CONCRETO SIMPLE				533.36
01.03.01	SOLIDO PARA ZAPATAS E=0.10m C:H=1:10 CEMENTO - HORMIGON	m2	29.50	18.08	533.36
01.04	CONCRETO ARMADO				38,069.99
01.04.01	VIGA DE CIMENTACION				2,817.81
01.04.01.01	CONCRETO f _c =210 Kg/cm ²	m3	3.69	280.85	1,036.34
01.04.01.02	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	394.13	4.52	1,781.47
01.04.02	VIGA DE CERRAMIENTO				7,093.40
01.04.02.01	CONCRETO VIGAS f _c =210 kg/cm ²	m3	7.38	276.93	2,043.74
01.04.02.02	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	778.00	4.52	3,516.56
01.04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS	m2	80.52	19.04	1,533.10
01.04.03	PANELES DE FERROCEMENTO L=3.6m				10,482.72
01.04.03.01	CONCRETO f _c = 210 Kg/cm ²	m3	6.26	357.75	2,239.52
01.04.03.02	MALLA METÁLICA	m	604.80	6.50	3,931.20
01.04.03.03	ACERO DE REFUERZO 8mm	kg	870.96	4.77	4,154.48
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	22.00	7.16	157.52
01.04.04	PANELES DE FERROCEMENTO L=2.7m				17,267.09
01.04.04.01	CONCRETO f _c = 210 Kg/cm ²	m3	10.28	357.75	3,677.67
01.04.04.02	MALLA METALICA	m	982.80	6.50	6,388.20
01.04.04.03	ACERO DE REFUERZO 8mm	kg	1,509.69	4.77	7,201.22
01.04.05	PANELES DE FERROCEMENTO L=1.4m				408.97
01.04.05.01	CONCRETO f _c = 210 Kg/cm ²	m3	0.34	357.75	121.64
01.04.05.02	MALLA METALICA	m	33.60	6.50	218.40
01.04.05.03	ACERO DE REFUERZO 8mm	kg	14.45	4.77	68.93
02	ARQUITECTURA				5,639.54
02.01	FALSO PISO				1,010.80
02.01.01	FALSO PISO MEZCLA C:H = 1:8, E = 0.10 m	m2	42.56	23.75	1,010.80
02.02	PISOS				1,889.05
02.02.01	PISO CERAMICO 60 X 60 PEGADO Y FRAGUADO CON CEMENTO GRIS	m2	39.23	44.05	1,728.08
02.02.02	ENCHAPE DE PORCELANATO 30 X 30 cm EN PISO	m2	3.33	48.34	160.97
02.03	TEJAS EN TECHO				1,239.69
02.03.01	TECHADO CON TEJAS	m2	68.04	18.22	1,239.69
02.04	ESCALERAS				1,500.00
02.04.01	ESCALERA METALICA	gib	1.00	1,500.00	1,500.00
	COSTO DIRECTO				44,576.07

SON: CUARENTICUATRO MIL QUINIENTOS SETENTISEIS Y 07/100 NUEVOS SOLES

Fecha: 20/12/2019 6:26:32p. m.

Presupuesto

Presupuesto 0103017 VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE SISTEMA APORTICADO.
 Subpresupuesto 003 VIVIENDA UNIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
 Cliente TESISITAS ANDY VASQUEZ Y JHON JULCA
 Lugar CAJAMARCA - JAEN - JAEN

Costo al 03/12/2019

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ESTRUCTURAS				51,059.57
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				241.45
01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	54.38	0.23	12.51
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	54.38	4.21	228.94
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				678.92
01.02.01	EXCAVACION A MANUAL DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	9.00	44.49	400.41
01.02.02	EXCAVACION A MANUAL DE ZANJAS PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	3.35	44.49	149.04
01.02.03	COMPACTACIÓN DE FONDOS PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN Y ZAPATAS	m2	13.55	1.66	22.49
01.02.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.70	24.97	67.42
01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	12.06	3.28	39.56
01.03	CONCRETO SIMPLE				1,763.64
01.03.01	SOLIDOS				480.94
01.03.01.01	SOLADO PARA ZAPATAS E=0.10m C:H=1:10 CEMENTO - HORMIGON	m2	9.00	30.53	274.77
01.03.01.02	SOLADO PARA VIGA DE CIMENTACIÓN (e=10 cm) C:H =1:10 CEMENTO - HORMIGON	m2	6.72	30.68	206.17
01.03.02	SOBRECIMENTOS				1,282.70
01.03.02.01	CONCRETO C:H = 1:8 + 25% P.Max 3", PARA SOBRECIMENTOS	m3	2.01	335.09	673.53
01.03.02.02	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m2	16.09	37.86	609.17
01.04	CONCRETO ARMADO				48,375.56
01.04.01	ZAPATAS				3,715.22
01.04.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS f _c =175 kg/cm ²	m3	9.00	363.15	3,268.35
01.04.01.02	ACERO f _y =4,200 kg/cm ² GRADO 60	kg	75.74	5.90	446.87
01.04.02	VIGA DE CIMENTACION				6,951.53
01.04.02.01	CONCRETO EN VIGA DE CIMENTACION f _c =210 kg/cm ²	m3	5.14	382.19	1,964.46
01.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGA DE CIMENTACION	m2	41.10	39.64	1,629.20
01.04.02.03	ACERO f _y =4,200 kg/cm ² GRADO 60	kg	569.13	5.90	3,357.87
01.04.03	COLUMNAS				6,128.50
01.04.03.01	CONCRETO EN COLUMNAS f _c = 210 Kg/cm ²	m3	3.04	468.22	1,423.39
01.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNAS	m2	48.60	39.68	1,928.45
01.04.03.03	ACERO f _y =4,200 kg/cm ² GRADO 60	kg	470.62	5.90	2,776.66
01.04.04	VIGAS				11,940.31
01.04.04.01	CONCRETO EN VIGAS f _c =210 kg/cm ²	m3	8.99	437.21	3,930.52
01.04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS	m2	60.63	52.38	3,175.80
01.04.04.03	ACERO f _y =4,200 kg/cm ² GRADO 60	kg	819.32	5.90	4,833.99
01.04.05	LOSA ALIGERADA				15,303.49
01.04.05.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F _c =210 KG/CM ²	m3	8.24	453.19	3,734.29
01.04.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA ALIGERADA	m2	74.79	107.34	8,027.96
01.04.05.03	ACERO f _y =4,200 kg/cm ² GRADO 60	kg	417.41	5.90	2,462.72
01.04.05.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	und	914.00	1.18	1,078.52
01.04.06	ESCALERAS				4,336.51
01.04.06.01	CONCRETO EN ESCALERA F _c =210 KG/CM ²	m3	3.86	453.19	1,749.31
01.04.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESCALERA	m2	19.71	39.68	782.09
01.04.06.03	ACERO f _y =4,200 kg/cm ² GRADO 60	kg	305.95	5.90	1,805.11
02	ARQUITECTURA				24,796.24
02.01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				5,482.75
02.01.01	MURO LADRILLO K.K DE ARCILLA 18H (09x013x0.24) AMARRE DE CABEZA, JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:1:5	m2	28.92	83.82	2,424.07
02.01.02	MURO LADRILLO K.K DE ARCILLA 18 H (0.09x0.13x0.24) AMARRE DE SOGA JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:1:5	m2	57.82	52.90	3,058.68
02.02	REVOQUES Y ENLUCIDOS				4,462.76
02.02.01	TARRAJEO DE MUROS INTERIOR Y EXTERIOR, E = 1.5 cm, MORTERO C:A=1:5	m2	107.84	26.04	2,808.15
02.02.02	TARRAJEO DE VIGAS Y/O COLUMNAS	m2	41.50	39.87	1,654.61
02.03	CIELO RASOS				3,906.96
02.03.01	TARRAJEO DE CIELORASO	m2	104.66	37.33	3,906.96

Fecha: 20/12/2019 6:24:23p. m.

Presupuesto


Presupuesto 0103017 VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE SISTEMA APORTICADO.
 Subpresupuesto 003 VIVIENDA UNIFAMILIAR SISTEMA APORTICADO
 Cliente TESISTAS ANDY VASQUEZ Y JHON JULCA
 Lugar CAJAMARCA - JAEN - JAEN

Costo al 03/12/2019

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02.04	PISOS				10,943.77
02.04.01	CONTRAPISO DE 2"	m2	94.60	33.04	3,125.58
02.04.02	PISO PORCELANATO NATURAL GRIS PLATA 60*60	m2	94.60	62.91	5,951.29
02.04.03	CONTRAZOCALO DE PORCELANATO GRIS PLATA H=10CM	m	91.92	20.31	1,866.90
	COSTO DIRECTO				75,855.81

SON : SETENTICINCO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTICINCO Y 81/100 NUEVOS SOLES

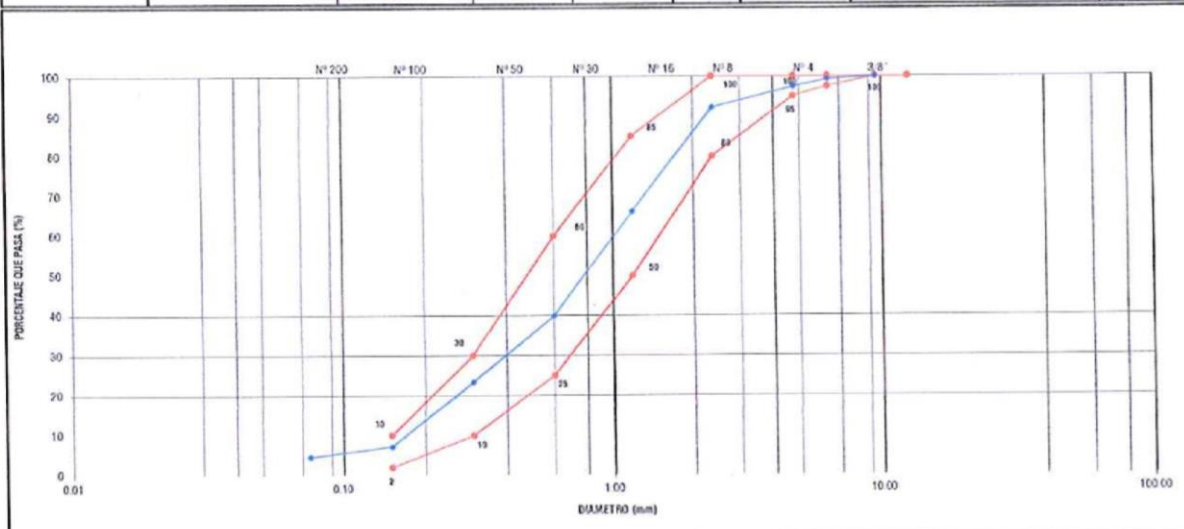
ANEXO 5. ENSAYOS DE AGREGADO FINO

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO:	DM - 19 - 001

DATOS DEL PROYECTO				DATOS DEL PERSONAL				
PROYECTO : USO DE PANELES NERWADOS DE FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN				SUPERVISOR OC :	ING. JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ			
UBICACIÓN : DISTRITO JAÉN - PROVINCIA JAÉN - REGION CAJAMARCA				TECNICO DE LAB :	JHONATAN HERRERA BARRAHONA			
SOLICITANTE : BACH. JHON SHINAYDEY JULCA PEREZ, BACH. ANDY YAMELY VAZQUEZ SANCHEZ				ASISTENTE DE LAB :	DIEZA ROMERO AROOY			
DATOS DEL MUESTREO				DATOS DE ESPECIFICACIONES TECNICAS				
CANTERA Y/O OTRO:	SANTA ROSA	CODIGO MUESTRA:	DM - 19 - 001	USO:	AG. FINO PARA MORTERO		FRECUENCIA:	m3
				FECHA:	DICIEMBRE 2019		LUGAR DE MUESTREO:	CANTERA

**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GROSOS Y FINOS
A.S.T.M. C 136**

FRACCION	TAMIZ		P. RET. PARCIAL	PORCENT. RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACION A.S.T.M. C 33 % QUE PASA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%) A.S.T.M. C 106		
	Nº	ABERTURA (mm)						TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110°C
FRACCION GROSA	3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-	PESO TOTAL MUESTRA HEMIDA (g)		4000.00
	2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)		3842.00
	2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.11
	1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200		
	1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	-	A.S.T.M. C 117		
	3/4"	19.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO FINAL SECO (g)		585.00
	1/2"	12.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO FINAL SECO ESPALMOS DE LINDCO (g)		938.00
	3/8"	9.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 (%)		4.77
	1/4"	6.35	7.45	0.73	0.7	99.27	-	CAPACIDADES FISICAS DEL AGREGADO FINO		
	FRACCION FINA	Nº 4	4.75	19.50	1.90	2.6	97.37	95-100	PESO ESPALMOS DE MAGA (g/m ³)	
Nº 8		2.36	52.90	5.17	7.8	92.20	80-100	PESO LAMPADO SUELO SECO (g/m ³)		1513.00
Nº 16		1.18	256.49	26.02	33.8	66.18	50-85	PESO LAMPADO COMBUSTIVO SECO (g/m ³)		1604.00
Nº 30		0.60	268.30	26.21	60.0	39.97	25-60	ABSORCION (%)		3.31
Nº 60		0.30	170.00	16.61	76.6	23.37	10-30	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.11
Nº 100		0.15	166.01	16.22	92.9	7.15	2-10	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200		4.77
Nº 200		0.075	26.19	2.56	95.4	4.59	-	GRANULANTE DE ARENA		-
CAZOLETA		-	47.0	4.59	100.0	0.00	-	SECCION DE TIERRA (g)		2.74
	TOTAL		1023.75							



D50 =	1.10	D30 =	0.42	D10 =	0.17
Cu =		6.47	Cc =		0.91

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO CUMPLE CON EL HUSO GRANULOMETRICO "C", DE LA NORMA A.S.T.M. C 33-93a Y LA NORMA N.T.P. 400-37 Y TIENE UN MODULO DE FINURA DE 2.74.


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jhonatan Joel Herrera Barahona
Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jenner Kimbel Ramos Diaz
Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO
ASTM C 29**

PROYECTO : USO DE PANELES NERVADOS DE FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN
UBICACIÓN: DISTRITO: JAÉN - PROVINCIA JAÉN - REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH:JHON SHNAYDEY JULCA PEREZ ,BACH:ANDY YAMELY VAZQUEZ SANCHEZ
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING:JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : DICIEMBRE 2019

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del recipiente + material (gr.)	7165.00	7166.00	7178.00
Peso del material (gr.)	4828.00	4829.00	4841.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m ³)	1511	1511	1515
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =	1513		Kg/m³

OBSERVACIONES :

**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO
ASTM C 29**

PROYECTO : USO DE PANELES NERVADOS DE FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN
UBICACIÓN: DISTRITO: JAÉN - PROVINCIA JAÉN - REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH:JHON SHNAYDEY JULCA PEREZ ,BACH:ANDY YAMELY VAZQUEZ SANCHEZ
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING:JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : DICIEMBRE 2019

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del recipiente + material (gr.)	7434.00	7481.00	7471.00
Peso del material (gr.)	5097.00	5144.00	5134.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m ³)	1595	1610	1607
P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO =	1604		Kg/m³

OBSERVACIONES :

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS


 Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO
ASTM C 128**

PROYECTO : USO DE PANELES NERVADOS DE FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN
UBICACIÓN: DISTRITO: JAÉN - PROVINCIA JAÉN - REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH: JHON SHNAYDEY JULCA PEREZ , BACH: ANDY YAMELY VAZQUEZ SANCHEZ
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING: JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : DICIEMBRE 2019

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (gr) A	484.0	484.0	484.0	
PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA (gr) B	886.0	889.0	890.0	
PESO TOTAL DEL PICNOMETRO AFORADO CON MUESTRA Y LLENO DE AGUA (gr) C	1220.0	1221.0	1219.0	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) S	500.0	500.0	500.0	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³) =	2.92	2.88	2.83	2.88
ABSORCION (%) =	3.31	3.31	3.31	3.31


OBSERVACIONES :

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809


ANEXO 6. ENSAYO A COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE MORTERO

	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : UBICACIÓN : SOLICITANTE :	USO DE PANELES NERVADOS DE REFORZAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN DISTRITO JAÉN, PROVINCIA, JAÉN, REGIÓN CALAHUASCA BACH. JHON SHWAYDEY JULCA PEREZ, BACH. ANDY YAMELY VÁSQUEZ SANCHEZ	JEFE DE CALIDAD : TÉCNICO OC : ASISTENTE DE LAB :	JENER KIMBEL RAMOS DIAZ JHONATAN HERRERA BARAHONA DIEZA RONERO ARSOY

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704


PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f _c kg/cm ²	AREA cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f _c
1	18/11/19	25/11/19	7	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	2610	210	16.00	163.13	163	78
1	18/11/19	25/11/19	7	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	2550	210	16.00	159.38	159	76
1	18/11/19	25/11/19	7	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	2430	210	16.00	151.88	152	72

OBSERVACIONES :	EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 7 DÍAS ES 70 % F _c , POR LO QUE LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON EL REQUISITO.
-----------------	---

LABSUC
 LABORATORISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS


 Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : USO DE PANELES NERVADOS DE FERRUCIMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAEN UBICACIÓN : DISTRITO JAEN, PROVINCIA, JAEN, REGION CALAJAMARCA SOLICITANTE : BASHA JON SHAYDEY JULCA PEREZ BASHANDY YAMBLY VAZQUEZ SANCHEZ	JEFE DE CALIDAD : JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ TECNICO OC : JHONATAN HERRERA BARAHONA ASISTENTE DE LAB : CIEZA ROMERO ARODY		

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
 METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 A.S.T.M. C 39 MTC E 704


PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f _c kg/cm ²	AREA cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f _c
1	18/11/19	02/12/19	14	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	2690	210	16.00	168.13	168	80
1	18/11/19	02/12/19	14	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	2680	210	16.00	167.50	168	80
1	18/11/19	02/12/19	14	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	2700	210	16.00	168.75	169	80

OBSERVACIONES : EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 14 DIAS ES 80 % F_c, POR LO QUE LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON EL REQUISITO.

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS


 Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : UBICACIÓN : SOLICITANTE :	USO DE PANELES NERVADOS DE FERROCEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PROVINCIA DE JAÉN DISTRITO JAÉN, PROVINCIA, JAÉN, REGIÓN CALAMARCA BACH. JHON SHWAYDEY JUCA PEREZ, BACH. ANDY YARELY YAZQUEZ SANCHEZ	JEFE DE CALIDAD : TECNICO DC : ASISTENTE DE LAB :	JENNER KIMBEL RANOS DIAZ JHONATAN HERRERA BARAHONA DIEZA ROMERO ANCOY

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	fc kg/cm ²	AREA cm	Resistencia Máxima kg/cm ²	Resistencia Promedio kg/cm ²	Porcentaje fc
1	18/11/19	16/12/19	28	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	3430	210	16.00	214.38	214	102
2	18/11/19	16/12/19	28	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	3420	210	16.00	213.75	214	102
3	18/11/19	16/12/19	28	CUBO DE MORTERO DE 4X16CM	3490	210	16.00	218.13	218	104

OBSERVACIONES :	EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 28 DIAS ES 100 % Fc, POR LO QUE LA MUESTRA ENSAYADA MUESTRAS CUMPLE CON EL REQUISITO.
-----------------	---

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

**ANEXO 7. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
DE EQUIPOS**



PERU

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00116277

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 014173-2019/DSD - INDECOPI de fecha 28 de junio de 2019, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Estudios de mecánica de suelos, concreto y asfalto

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0796363-2019

Titular : GROUP JHAC S.A.C.

País : Perú

Vigencia : 28 de junio de 2029

Tomo : 0582

Folio : 091

RAY MELONI GARCIA
Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 181 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	1211-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GROUP JHAC S.A.C LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
3. Dirección	Ca. LA COLONIA N° 316 (MONTEGRANDE - A1 CDRA MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	120000 kgf	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PTC 002	
Número de Serie	'00015	
Procedencia	PERU	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	315	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2019-11-12	

Fecha de Emisión

2019-11-13

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 181 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28 °C	28 °C
Humedad Relativa	66%	66%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-272-18

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
 SUELOS- MATERIALES- CONCRETOS- ASFALTO- ROCAS- FISICA- QUIMICA
 RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 181 - 2019

Área de Metrología
 Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
		Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000	10094.7	10084.7	10084.7	10089.7
20	20000	20006.3	20026.1	20026.1	20016.2
30	30000	29904.4	29904.4	29904.4	29904.4
40	40000	39823.7	39838.6	39823.7	39827.4
50	50000	49819.2	49849.2	49819.2	49826.7
60	60000	59816.2	59826.2	59816.2	59818.7
70	70000	69859.7	70000.0	69859.7	69894.8
80	80000	79939.8	80020.1	80020.1	79979.9
90	90000	90006.3	90016.3	90016.3	90011.3
100	100000	100179.9	100159.8	100159.8	100169.8
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
10000	-0.89	0.10	-0.10	0.10	0.58
20000	-0.08	0.10	0.10	0.05	0.58
30000	0.32	0.00	0.00	0.03	0.57
40000	0.43	0.04	0.04	0.03	0.58
50000	0.35	0.06	0.06	0.02	0.58
60000	0.30	0.02	0.02	0.02	0.57
70000	0.15	0.20	0.20	0.01	0.58
80000	0.03	0.10	0.10	0.01	0.58
90000	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.57
100000	-0.17	0.02	-0.02	0.01	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



INFORME DE VERIFICACIÓN PT - LM - 142 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

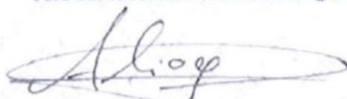
Página 1 de 4

1. Expediente	859-2019	Este informe documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GROUP JHAC S.A.C. LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	CAL.LA COLONIA NRO. 316 (MONTEGRANDE - A 1 CDRA MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad Máxima	200 g	El presente documento sin firma y sello carece de validez.
División de escala (d)	0.01 g	
Div. de verificación (e)	0.01 g	
Clase de exactitud	NO INDICA	
Marca	MH-SERIES	
Modelo	MH-200	
Número de Serie	NO INDICA	
Capacidad mínima	0.01 g	
Identificación	LM-142	
5. Fecha de Verificación	2019-07-01	

Fecha de Emisión

2019-07-01

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

INFORME DE VERIFICACIÓN PT - LM - 142 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Verificación

La verificación se realizó tomando en cuenta el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de verificación

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Jr. La Madrid Mz. E Lote 14 Urb. Los Olivos - San Martín De Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la verificación son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM - INDECOPI en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud F1)	METROIL M-0842-2018
Patrones de referencia	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	METROIL T-1695-2019

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

INFORME DE VERIFICACIÓN PT - LM - 142 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.1 °C

Medición Nº	Carga L1 = 100 g			Carga L2 = 200 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	100.00	-	5	200.00	-	5	
2	100.00	-	5	200.01	-	15	
3	100.01	-	5	200.00	-	15	
4	100.00	-	5	200.00	-	15	
5	100.00	-	5	200.00	-	5	
Diferencia Máxima			0	Diferencia Máxima			10
Error Máximo Permissible			± 20	Error Máximo Permissible			± 30

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de
las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		60.00	-	5	0
2		60.00	-	5	0
3	60	59.99	-	5	0
4		60.00	-	5	0
5		60.00	-	5	0
Error máximo permisible					± 20



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

INFORME DE VERIFICACIÓN PT - LM - 142 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21.3 °C	21.2 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p* (± g)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0	0.10	-	5						
0	0.20	-	5	0	0.20	-	5	0	10
1	1.00	-	5	0	1.00	-	5	0	10
10	10.00	-	5	0	10.00	-	5	0	10
40	40.00	-	5	0	40.00	-	5	0	10
80	80.00	-	5	0	80.00	-	5	0	20
100	100.00	-	5	0	100.00	-	5	0	20
120	120.00	-	5	0	120.00	-	5	0	20
150	150.00	-	5	0	150.00	-	5	0	20
180	180.00	-	5	0	180.00	-	5	0	20
200	199.99	-	5	0	199.99	-	5	0	30

* error máximo permisible

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0143 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	859-2019	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p>
2. Solicitante	GROUP JHAC S.A.C. LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
3. Dirección	CAL LA COLONIA NRO. 316 (MONTEGRANDE - A 1 CDRA MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	<p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	WALTOX	
Modelo	LDC30N2	
Número de Serie	NO INDICA	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	LM-0143	
5. Fecha de Calibración	2019-07-01	

Fecha de Emisión

2019-07-01

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0143 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Jr. La Madrid Mz. E Lote 14 Urb. Los Olivos - San Martín De Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 °C	21.9 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	PESAS DE 5 kg (Clase de Exactitud M2)	SAT - LM - 0414 - 2018
Patrones de referencia	PESAS DE 10 kg (Clase de Exactitud M2)	SAT - LM - 0413 - 2018
Patrones de referencia	PESAS DE 20 kg (Clase de Exactitud M2)	SAT - LM - 0412 - 2018
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud F1)	METROIL M-0842-2018

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0143 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura

Inicial	Final
21.6 °C	21.7 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.5	0.0	
2	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0	
3	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.6	-0.1	
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.4	0.1	
5	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0	
6	15,000	0.4	0.1	29,999	0.8	-1.3	
7	14,999	0.3	-0.8	30,000	0.4	0.1	
8	14,999	0.3	-0.8	30,000	0.5	0.0	
9	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0	
10	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.8	-0.3	
Diferencia Máxima			0.9	Diferencia Máxima			1.4
Error Máximo Permissible			± 3.0	Error Máximo Permissible			± 3.0

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

Temperatura

Inicial	Final
21.7 °C	21.8 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1		10	0.5	0.0		10,001	0.8	0.7	0.7
2		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
3	10 g	11	0.8	0.7	10,000	10,000	0.4	0.1	-0.6
4		10	0.5	0.0		10,000	0.6	-0.1	-0.1
5		10	0.5	0.0		10,000	0.3	0.2	0.2
Error máximo permisible									± 3.0

* Valor entre 0 y 10e



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0143 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21.8 °C	21.9 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.8	-0.3						
20	20	0.6	-0.1	0.2	20	0.5	0.0	0.3	1.0
100	100	0.4	0.1	0.4	100	0.6	-0.1	0.2	1.0
500	500	0.4	0.1	0.4	500	0.4	0.1	0.4	2.0
1,000	1,000	0.5	0.0	0.3	1,000	0.8	-0.3	0.0	2.0
5,000	5,000	0.6	-0.1	0.2	5,000	0.4	0.1	0.4	3.0
10,000	10,000	0.5	0.0	0.3	10,000	0.6	-0.1	0.2	3.0
15,000	15,000	0.4	0.1	0.4	15,000	0.6	-0.1	0.2	3.0
20,000	19,999	0.3	-0.8	-0.5	20,000	0.4	0.1	0.4	3.0
25,000	24,999	0.3	-0.8	-0.5	25,000	0.5	0.0	0.3	3.0
30,000	30,000	0.5	0.0	0.3	30,000	0.5	0.0	0.3	3.0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.4102778 \text{ g})^2 + 0.00000000179 \text{ R}^2}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000017 \text{ R}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LT-090-2019

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

- | | |
|-----------------|---|
| 1. Expediente | 0014-2019 |
| 2. Solicitante | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS |
| 3. Dirección | Avenida "A" # 750 - Jaén |
| 4. Equipo | HORNO |
| Alcance Máximo | 300 °C |
| Marca | PyS Equipos |
| Modelo | STHX-2A |
| Número de Serie | 110304 |
| Procedencia | CHINA |
| Identificación | No indica |
| Ubicación | Lab. del cliente |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	-100 °C a 300 °C	-100 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2019-04-03

Fecha de Emisión

2019-04-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

MANUEL ALIAGA TORRES



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LT-090-2019

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.3 °C	23.0 °C
Humedad Relativa	51 %	53 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología - INACAL LT-C-037-2016	Termómetro digital con incertidumbres del orden desde 0,014°C hasta 0,019°C	LT-C-037-2016 / T-0844-2016

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.





PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LT-090-2019

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 22.65 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 1 hora
El controlador se seteo en 110°C

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	111.0	116.0	115.7	115.5	115.3	112.6	113.6	113.0	110.9	112.0	113.6	5.1
02	110.0	110.5	113.2	114.0	112.5	111.5	107.1	110.7	108.9	107.4	109.6	110.5	6.9
04	110.0	109.6	112.0	112.7	110.6	111.1	104.6	108.9	107.0	105.6	108.1	109.0	8.1
06	110.0	106.9	109.1	109.4	107.1	108.3	103.2	106.4	104.0	103.0	104.2	106.2	6.4
08	110.0	110.3	113.8	114.9	112.2	114.1	112.8	113.4	113.1	112.8	112.7	113.0	4.6
10	110.0	113.3	117.4	116.1	116.8	116.4	116.8	117.1	117.2	116.8	117.4	116.5	4.1
12	110.0	111.4	115.7	114.9	114.8	114.5	112.5	113.5	113.3	111.5	112.4	113.4	4.3
14	110.0	110.0	111.5	112.2	110.5	110.9	104.9	108.5	106.9	105.0	107.4	108.8	7.3
16	110.0	107.2	109.2	109.0	106.9	108.6	103.5	105.9	104.4	103.8	104.4	106.3	5.7
18	110.0	110.9	114.1	115.2	111.9	114.8	113.1	113.0	113.6	113.7	112.0	113.2	4.3
20	110.0	114.1	116.7	116.4	115.8	115.9	116.7	116.9	117.5	117.1	117.0	116.4	3.4
22	110.0	113.1	116.3	114.2	114.6	114.8	112.8	113.0	112.8	110.4	113.5	113.5	5.9
24	110.0	111.4	110.9	113.1	111.8	112.5	104.1	105.9	105.5	105.2	106.4	108.7	9.0
26	110.0	106.8	108.1	109.5	108.4	108.5	102.8	104.0	104.5	104.4	104.4	106.1	6.7
28	110.0	111.1	114.5	114.1	112.4	114.1	113.1	112.9	113.4	113.3	113.8	113.3	3.4
30	110.0	112.9	116.9	116.8	116.2	116.1	117.1	117.4	117.8	117.5	118.2	116.7	5.3
32	110.0	113.9	115.0	115.9	115.2	115.5	113.4	112.9	113.1	112.8	112.5	114.0	3.4
34	110.0	109.1	110.5	110.9	109.9	109.5	106.0	107.1	107.5	106.2	105.4	108.2	5.5
36	110.0	106.4	108.1	108.3	106.3	108.5	104.0	106.0	104.8	104.2	105.0	106.2	4.5
38	110.0	109.0	110.1	111.0	111.4	112.2	111.9	112.4	112.0	111.7	112.2	111.4	3.4
40	110.0	115.1	117.4	116.9	117.1	116.8	117.4	117.1	117.2	117.7	117.4	117.0	2.6
42	110.0	113.1	114.5	114.7	114.4	114.5	113.4	113.8	113.7	113.4	113.3	113.9	1.6
44	110.0	109.2	109.9	111.0	110.9	110.4	105.5	107.2	107.1	105.9	107.0	108.4	5.5
46	110.0	107.9	108.5	108.4	107.3	108.2	103.9	105.1	104.0	104.2	104.4	106.2	4.6
48	110.0	111.8	112.3	113.4	112.0	115.5	114.8	113.9	114.5	113.4	114.1	113.6	3.7
50	110.0	116.9	116.7	116.8	117.1	116.9	117.9	117.4	117.1	117.4	117.0	117.1	1.2
52	110.0	112.5	113.4	113.0	113.9	113.7	112.4	112.8	113.1	111.9	112.8	112.9	2.0
54	110.0	110.4	111.1	111.4	110.9	111.0	106.9	107.9	107.3	106.1	107.4	109.0	5.3
56	110.0	107.9	109.2	108.7	107.8	108.0	105.1	105.1	105.5	104.8	104.7	106.7	4.5
58	110.0	111.0	111.7	111.7	111.9	112.4	115.1	115.0	115.9	115.1	115.2	113.5	4.9
60	110.0	116.9	116.4	116.2	117.0	117.7	117.8	117.9	117.8	117.7	117.5	117.3	
T.PROM	110.0	111.0	112.9	113.1	112.3	112.8	110.4	111.4	111.1	110.3	110.9	111.6	
T.MAX	110.0	116.9	117.4	116.9	117.1	117.7	117.9	117.9	117.8	117.7	118.2		
T.MIN	110.0	106.4	108.1	108.3	106.3	108.0	102.8	104.0	104.0	103.0	104.2		
DTT	0.0	10.5	9.3	8.6	10.8	9.7	15.1	13.9	13.8	14.7	14.0		



Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LT-090-2019

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	118.2	7.8
Mínima Temperatura Medida	102.8	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	15.1	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2.8	3.9
Estabilidad Medida (±)	7.6	0.04
Uniformidad Medida	9.0	6.6

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.

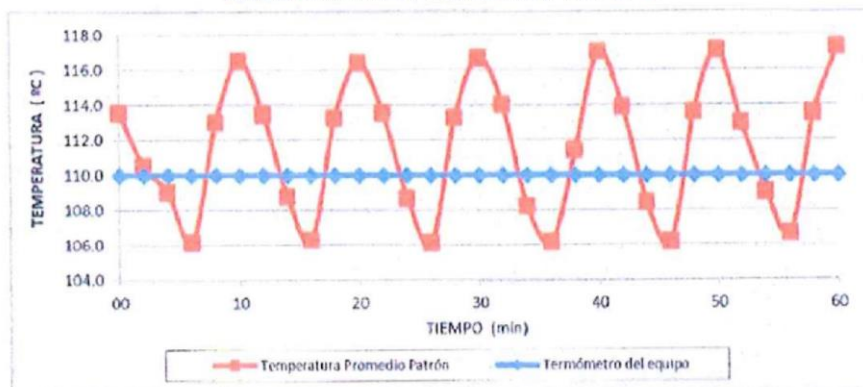


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LT-090-2019

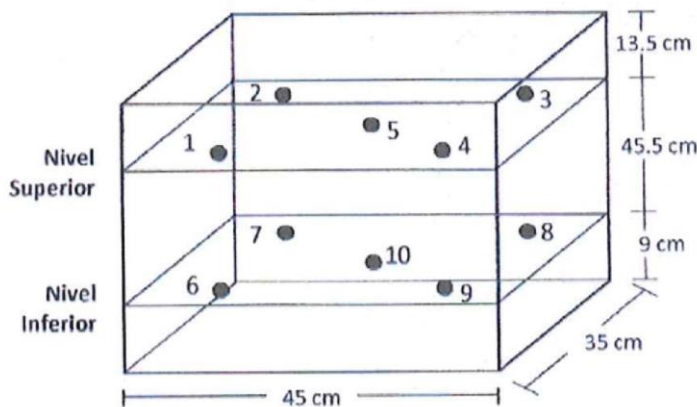
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 6 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

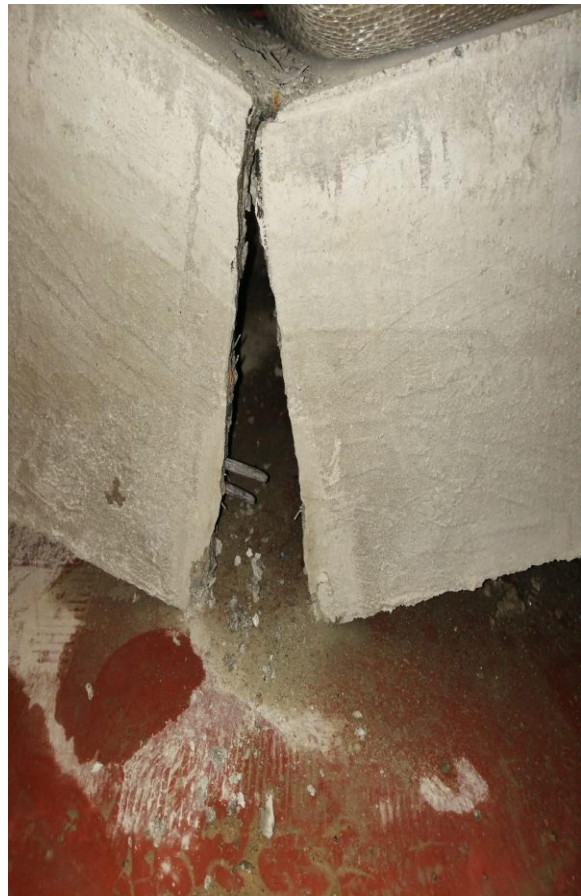
ANEXO 8. PANEL FOTOGRÁFICO



ROTURA DE TESTIGOS



PANEL DE FERROCEMENTO



ROTURA DEL PANEL