

Establishment of a system of construction of prefabricated single-family housing at low cost of reinforced concrete

Edwing Jesús Ticse Villanueva¹, Guillermo Yorel Noriega Aquisé²,

^{1,2} Universidad Católica de Santa María Arequipa Perú. ¹Doctor Ingeniería de la Producción, eticsevi@ucsm.edu.pe,

²Ingeniero Civil y Egresado de la Escuela de Post Grado de UCSM en Gerencia de la Construcción, gnoriega@ucsm.edu.pe ¹eticsevi@gmail.com, ²yornoriegaa@gmail.com.

Abstract— The project develops a design to establish a system of construction of basic single-family housing with pre-fabricated elements at low cost of reinforced concrete, to serve peripheral populations and in post-emergency situations, the study led to establish a production process for prefabricated elements in a static production plant and at the foot of the work and even in post-emergency situations. The production plant uses a minimum of equipment for six types of homes, as well as molds that can be used for the production of all prefabricated pieces for the six types of housing. The costs of production, manufacturing and assembly are low and even four models are below the amount of the emergency bonus assigned by the Peruvian government. There is a very high correlation between the built surface and the costs of production, assembly and finishing of the work. The production and building periods are short and can be attended in any emergency situation.

Keywords— Prefabricated homes, costs, prefabricated elements, construction system.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.25>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Establecimiento de un sistema de construcción de vivienda unifamiliar prefabricada a bajo costo de concreto armado.

Edwing Jesús Ticse Villanueva¹, Guillermo Yorel Noriega Aquisé²,

^{1,2} Universidad Católica de Santa María Arequipa Perú. ¹ Doctor Ingeniería de la Producción, eticsevi@ucsm.edu.pe,

² Ingeniero Civil y Egresado de la Escuela de Post Grado de UCSM en Gerencia de la Construcción, gnoriega@ucsm.edu.pe

¹ eticsevi@gmail.com, ² yornoriegaa@gmail.com.

Resumen: *El proyecto desarrolla un diseño para establecer un sistema de construcción de vivienda básica unifamiliar con elementos pre fabricados a bajo costo de concreto armado, para atender a poblaciones periféricas y en situaciones de post emergencia, el estudio condujo a establecer un proceso de producción de elementos prefabricados en una planta de producción estática y al pie de la obra e incluso en situaciones de post emergencia. La planta de producción emplea un equipo mínimo para seis tipos de viviendas, así como moldes que pueden ser utilizados para la producción de todas las piezas de prefabricadas para los seis tipos de vivienda. Los costos de producción, fabricación y montajes son bajos e incluso cuatro modelos están por debajo del monto del bono de emergencia que asigna el gobierno peruano. Se presenta una altísima correlación entre la superficie edificada y los costos de producción, montaje y acabados de la obra. Los periodos de producción y edificación son cortos y se puede atender en cualquier situación de emergencia.*

Palabras claves — *Viviendas prefabricadas, costos, elementos prefabricados, sistema de construcción.*

I. INTRODUCCION.

Existe una necesidad de contar con viviendas familiares en la ciudad, por el crecimiento de la población. También la necesidad es crítica e imperante en situaciones de post emergencia ya sea por eventos telúricos y otros eventos catastróficos.

Frente a estas situaciones y en la búsqueda de respuesta positiva, el estudio busca: *Establecer un sistema de construcción de vivienda básica unifamiliar con elementos pre fabricados a bajo costo de concreto armado.*

Se pretende diseñar una alternativa tecnológica que responda a: Brindar una vivienda básica unifamiliar de bajo costo y sea implementada ágilmente en corto tiempo para las poblaciones en necesidad de vivienda, así como en situaciones de post emergencia. A través de una Línea de producción en serie y ensamblaje de viviendas prefabricadas de concreto armado. La línea de producción se debe desarrollar en un terreno plano y compactado, con condiciones mínimas y no necesariamente en una planta de producción sino en el lugar geográfico de la necesidad.

El costo de las viviendas básicas esté comprendido en el valor del bono que asigna el gobierno del Perú a sus damnificados.

La propuesta también busca ser una alternativa para las poblaciones periféricas y poblaciones urbano marginales, donde la mayoría de las familias provienen de diversos lugares sean de provincias y del sector rural. Quienes en su mayoría vienen y construyen sus viviendas con lo que pueden y como pueden, en muchos de los casos el proceso de construcción les con lleva por periodos prolongados, que a la larga sus costos se incrementan. Estos asentamientos se desarrollan de forma desordenada e irregular y en este momento para estas poblaciones no existe un programa masivo de atención, para el mejoramiento y atención de sus viviendas. Se puede expresar que no existe una alternativa para mejorar dicha situación.

En situaciones de post emergencia telúrica los damnificados no son atendidos en su integridad, por lo tanto, se busca que los procesos constructivos sean de corto plazo y de ágil maduración y lograr cubrir la necesidad de vivienda básica en un corto plazo. Han ocurrido eventos telúricos que ha ocasionado la destrucción de viviendas. Que a la fecha aún no han sido atendidos y se encuentran en una situación de desastre.

Es así que, el alcalde de la Municipalidad Provincial de Ica -Perú, en agosto del 2017 se pronunció sobre la deficitaria reconstrucción de Pisco y manifiesta que después de 10 años “poco o nada se ha hecho” por reconstruir la ciudad que quedó devastada luego de la catástrofe. “Hay familias que todavía viven en esteras y en plásticos”. El movimiento telúrico de 7.9 grados, dejó 595 muertos, cerca de 2,291 heridos, 76 mil viviendas destruidas y 431 mil personas damnificadas. [1]

A dos años del sismo en el Colca (*Caylloma –Arequipa - Perú*) familias de Ichupampa siguen viviendo en módulos, *la reconstrucción no alcanzo el 15% de las casas afectadas del sismo del 14 de agosto del 2016*. De las 410 viviendas que había en Ichupampa, solo seis quedaron intactas. Se contaron 234 colapsadas y el resto sufrió varias rajaduras y fisuras. La única iglesia del pueblo quedó destruida y la escolita inicial arruinada. Han pasado dos años desde la tragedia. Pero las calles expresan que el **sismo** hubiera ocurrido la semana pasada. Según el diario el *Comercio del 15 agosto del 2018* de todas las viviendas dañadas en Ichupampa, solo 132 fueron calificadas para ser reconstruidas y cada vivienda será atendida con el bono de S/43,348 y a la fecha, solo una casa se ha reconstruido. Sus parientes y sus vecinos siguen en los módulos, soportando el calor extremo de día y el frío despiadado de noche. [2]

El tipo de cambio de un dólar por soles es de S/. 3.291 al 15 de agosto del 2018, SUNAT Perú. En equivalencia a dólares

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.25>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities”, 24-26 July 2019, Jamaica.

americanos el bono que asigna el gobierno peruano a una familia damnificada es de S/43,348 y tiene un valor equivalente de \$ 13,171 dólares americanos. [4]

Nueve de cada 10 viviendas de América Latina y el Caribe son de baja calidad. *"Actualmente más del 75% de los habitantes de América Latina y el Caribe reside en zonas urbanas. El reto es cómo erradicar los cordones de pobreza y el deterioro que esto genera y que no permite buena calidad de la vivienda en nuestro hemisferio"*, explicó a *EL PAÍS*, Luis Alberto Moreno, presidente del BID. En los últimos 20 años Brasil, Colombia, Perú, Chile, Paraguay y Argentina, entregaron más de seis millones de unidades de vivienda a poblaciones de bajos recursos. Esta política no ha evitado el surgimiento de urbanizaciones o conglomerados de viviendas de baja calidad, en las afueras de las ciudades, lejos de los centros de trabajo. [3]

A la fecha aún no se cubre la *necesidad de viviendas básicas* ya sea para atender a las poblaciones periféricas, de las diversas ciudades, así como no se puede atender oportunamente en situaciones de post emergencia, como el caso de Ica y Caylloma – Arequipa en Perú.

La Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón de España ANDECE *define un producto prefabricado de hormigón como una pieza fabricada en una planta de producción fija, empleando hormigón como material fundamental. Dicho elemento es el resultado de un proceso industrial realizado bajo un sistema de control de producción definido.* Una vez fabricada y todos los controles satisfechos, esta pieza se puede almacenar hasta el momento de su entrega en obra donde, junto con otras piezas, conformarán el proyecto constructivo final [6]. El termino hormigón armado equivale a concreto armado, esta denominación es según la localización geográfica

El diseño de la Infraestructura considera lo indicado por Harmsen, T.E [5], Quien expresa sobre estructuras prefabricadas. Que las estructuras están constituidas total o parcialmente por elementos pre elaborados, los cuales serán ensamblados para constituir una estructura total. El diseño de los elementos considera, en definir su configuración:

- En base a criterios de resistencia.
- Lugar de fabricación de las piezas
- Procedimiento constructivo.
- Peso de los elementos y equipos de Izaje.
- Lugar de almacenamiento, curado y transporte
- Detalle de las conexiones entre piezas

Es difícil constituir estructuras prefabricadas si no se tienen en cuenta todos los factores. El diseño y ejecución de obras debe ser cuidadosamente planificado. La geometría de cada pieza, su ubicación final en la estructura, las tuberías e insertos que debe contener, las conexiones entre elementos, entre otros. Se deberá estar claramente definidos antes del inicio de la obra. Es

importante considerar que la fabricación de piezas en serie incrementa la eficiencia del proceso y permite un mayor control de calidad del mismo. La posibilidad de reutilización de equipos y del encofrado se incrementa (p553). [5]

II. DISEÑO METODOLÓGICO.

El diseño metodológico nos permite expresar los procedimientos para responder los planteamientos y alcanzar el propósito del Estudio. El diseño metodológico responderá con coherencia a los principios que orienten en la búsqueda de las respuestas que responda a la necesidad existente.

El diseño metodológico se basa en tres fases:

Fase 1 – Búsqueda y revisión de experiencias:

Comprende la identificación de experiencias sobre la atención de viviendas básicas prefabricadas. La exigencia que nos planteáramos, es de ubicar una experiencia con patente social que sea abierta para ser utilizada y reproducirlo.

Fase 2 – Diseño y desarrollo de las viviendas básicas y del proceso de producción y ensamble:

Esta fase comprende el trabajo en gabinete que comprende en analizar lo diseñado y contrastarlo en: un Diseño arquitectónico de las viviendas básicas, Análisis del diseño en SAP2000, Diseño de maqueta virtual en SketchUp, Diseño de la estructura en Autocad, Análisis de costo y presupuestos en S10, Análisis de planes y procesos en Microsoft Project, Análisis estadístico y de correlaciones en SPSS.

Fase 3 – Análisis de resultados:

En esta fase se analizan los diseños y los procesos según los planteamientos y las premisas especificadas y delimitadas. Con el objeto de definir una propuesta técnica que permita atender a poblaciones en necesidad de vivienda en diversas zonas de las ciudades y en situaciones de post emergencia.

El análisis de resultados debe lograr:

- Diseñar de acuerdo a normas seis tipos de viviendas unifamiliares.
- Diseñar la producción de partes y elementos para el ensamble de una vivienda prefabricada con procedimientos prefabricados.
- Diseñar procesos constructivos de ensamble para vivienda prefabricada.
- Establecer un tiempo menor de construcción para el ensamble de una vivienda prefabricada para cualquier época del año
- Establecer el costo más bajo de un sistema de fabricación y ensamble de viviendas prefabricadas.

III. RESULTADOS.

A. *Experiencias en viviendas básicas prefabricadas.*

La industrialización de los prefabricados de concreto armado es una respuesta positiva a la necesidad de lograr eficiencias en diversas situaciones y permite lograr resultados tangibles en situaciones adversas y frente a un proceso de construcción tradicional sería imposible de lograr. También es una respuesta positiva a su nivel de industrialización del concreto que les permite hacer realizar, desde obras pequeñas, especializadas y hasta grandes obras, obteniendo resultados muy eficientes, todo ello se caracteriza por un nivel de inversión alta, con grandes capitales, en grandes plantas de producción, equipos y maquinas muy sofisticadas y donde son pioneros en los conocimientos tecnológicos y su nivel desarrollado es muy alto. La mayoría de los procesos no son libres y muchos de los procesos y elementos son patentados.

Se ha tenido acceso a una información libre sobre experiencias de viviendas prefabricadas de:

A.1. *Casas prefabricadas en concreto prefabricado de Colombia CADECOL.* En su pagina expresa que existe la creencia que una casa prefabricada va a ver muy fea y que se va a caer con un soplido y además que los acabados solo serán rústicos y pobres, que las paredes pueden ser muy delgadas, que los diseños son muy simples, en fin..." *que no va a poder hacer la casa de sus sueños en este sistema prefabricado*". Sin embargo, nada de eso es verdad, son ideas falsas, del pasado, el mundo cambia constantemente la tecnología avanza a pasos agigantados y Casas Prefabricadas Colombia avanza también con ella, trayéndoles la más alta tecnología en acabados, diseños, duración, y personalización de su vivienda. [8]

A.2. *Fernandez Herrera, Jerez de la Frontera (Cádiz) España. Casas prefabricadas de hormigón.* En su pagina expresa, la experiencia profesional permite interesar sobre las ventajas y los precios de las viviendas prefabricadas. Muchas de las piezas que se distribuyen para la construcción de casas prefabricadas de hormigón sirven de estructura y a la vez de cerramiento o fachada, lo que no significa rapidez de fabricación y necesitan de un proyecto conforme a la normativa vigente, lo ideal es que el fabricante pueda proveer piezas, de este modo ahorraremos tiempo y dinero. La reducción de costes esta en función directa al menor tiempo de montaje. La planificación de los tiempos va directamente ligada al diseño y a la facilidad de montaje, por lo que un buen diseño puede hacernos ahorrar dinero. Una casa prefabricada de hormigón es, y tiene que parecer, una casa prefabricada de hormigón, sin que su estética final la rebaje a una vivienda de inferior calidad.[10]

Lo ideal es que las casas prefabricadas de hormigón *tengan un ratio menor al precio de construcción de la vivienda convencional con materiales básicos, esto es sobre 800 €/m²* Resulta curioso e incluso cómico ver como muchas empresas publicitan viviendas prefabricadas a un precio bastante mayor al de la construcción convencional, tratando la prefabricación más como una cuestión de marketing que como una forma de

optimizar costes y tiempos. Y es que para afinar estos costes en las casas prefabricadas de hormigón siempre hay que partir de una combinación que englobe a un buen equipo de diseño y un buen suministrador de materiales. [10]

A.3. *Zorrilla, H.H, Profesional universitario UBA (16 febrero 2015) Casas prefabricadas de concreto premoldeado Buenos Aires, Argentina.* En su pagina expresa El material de concreto pre moldeado es un producto de la construcción que usa moldes o formas en las cuales se curan partes de concreto en un ambiente controlado. Las piezas de concreto se transportan al sitio de la construcción y son levantadas para ubicar en el lugar correspondiente según el proyecto arquitectónico. El concreto pre moldeado es apropiado para casi cualquier tipo de edificación, desde casas prefabricadas a shopping malls, fábricas y grandes depósitos, a edificios torre de oficinas, hoteles, y condominios. La velocidad del proceso supera a otras técnicas de construcción tradicional en las cuales toma semanas levantar una simple casa siguiendo técnicas y métodos convencionales. Es posible construir cinco casas por día usando concreto pre moldeado el costo es muy bajo, pero a valores similares la ventaja está dada por la rapidez del proceso.[13]

Las casas prefabricadas de concreto con paneles pre moldeados son más resistentes a los sismos y al fuego que las construidas con ladrillos u otra técnica de construcción como por ejemplo la obra seca o Steel Framing, marcos de metal liviano. Este tipo de construcción deja una huella ambiental mucho menor que la de técnicas convencionales, y esto es gracias a la posibilidad de reciclar materiales en el proceso de producción. Al elegir el concreto pre moldeado logra una apreciable ventaja con respecto a la construcción tradicional, además se logra una estructura fuerte y durable. [13]

A.4. *Estructuras prefabricadas en zonas sísmicas, Manuel Burón, Luis Vega C., Aurelio Domínguez Á.,* Expresa, El comportamiento de las estructuras prefabricadas de hormigón armado y pretensado en zonas sísmicas depende, fundamentalmente, del tipo de unión que vincula los diferentes elementos prefabricados en los que se divide la estructura para su fabricación y que, durante el proceso de montaje, reproduce los nudos que completan la estructura proyectada, dotándola de su configuración definitiva para resistir las acciones de servicio. Cuando las estructuras prefabricadas presentan una tipología de uniones en la que se da continuidad a las armaduras que configuran los nudos rígidos, o bien, si se trata de materializar rótulas, se disponen pasadores metálicos capaces de resistir los esfuerzos cortantes que en ellos producen las acciones horizontales (ya que las reacciones verticales, generalmente, se transmiten mediante apoyo directo), se puede afirmar que el comportamiento de estas estructuras en zonas sísmicas es análogo al que corresponde a una estructura de hormigón construida "in situ", sin ningún tipo de limitación y, por tanto, son de aplicación las mismas exigencias normativas que las utilizadas, con carácter general, para el proyecto y construcción de las estructuras de hormigón estructural. [14]

A.5. Sistema de edificación de viviendas con elementos prefabricados de hormigón armado. Santiago Caballero V., Julio Rodríguez R, Expresan que los métodos convencionales han constituido uno de los principales sistemas constructivos. El desarrollo de nuevas técnicas es necesario crear un sistema de edificación que cumpla con las exigencias constructivas y que permita reducir el alto déficit habitacional. Proponen que el sistema de construcción mecanizada debe cumplir con los siguientes objetivos: Reducir el tiempo de edificación de una obra y Obtener el mejor rendimiento de los insumos, con una planificación, de la producción y del montaje de los elementos. [11]

Proponen que los elementos Prefabricados de Hormigón Armado, son la mejor alternativa constructiva y las ventajas que presenta son: Máximo rendimiento y avance de obra, Economía de materiales, Economía en los encofrados, Economía en la mano de obra, Continuidad del proceso. [11]

La mecanización en una fabricación en cadena; agrupa algunas tareas con el fin de que los trabajos en las distintas fases de producción tengan tiempos iguales. Se pueden distinguir también dos tipos de fabricación en cadena, según los encofrados, que pueden ser, horizontales y verticales. [11]

A.6. Efectos de la revisión de experiencias.

La revisión realizada a las experiencias indicadas y a otras que no se mencionan, nos ha permitido aun precisar nuestros lineamientos del estudio.

Es así que nuestra propuesta debe ser aplicada en lugares donde no existe un nivel de industrialización del concreto, la pregunta es cómo utilizar y aplicar estos conocimientos y experiencias libres que existe en los centros de capacitación y de la información libre escrita y virtual. Aplicar estos conocimientos en lugares donde predomina los procesos constructivos tradicionales, con limitados recursos, maquinas elementales y una gran disposición de mano de obra muy entusiasta.

También nuestra propuesta debe aplicarse en situaciones de post emergencia donde el sistema de producción a colapsado, no existe industrialización del concreto, la pregunta es cómo utilizar y aplicar estos conocimientos y experiencias que den respuesta ágil, eficaz e implementar una línea de producción que permita producir elementos prefabricados para la construcción de viviendas básicas y estas puedan montarse con un equipo mínimo que pueda estar disponible en la zona de emergencia o zonas aledañas, también que los presupuestos se enmarquen en el bono de reconstrucción que asigna el gobierno peruano.

B. Diseño y desarrollo de las viviendas básicas: [7]

B.1. Diseño y desarrollo de las viviendas básicas:

Pensando en activar en una línea de producción se han diseñado seis tipos de viviendas con el objeto de optimizar recursos y se adecue a una mínima línea de producción a escala.

Tabla 01
Área y Código de Vivienda Unifamiliar prefabricada.

Ítems	Vivienda Básica	Área m ²	Código
1	Vivienda Unifamiliar Prefabricada 01	25.83 m ²	VUF 01
2	Vivienda Unifamiliar Prefabricada 02	33.39 m ²	VUF 02
3	Vivienda Unifamiliar Prefabricada 03	39.06 m ²	VUF 03
4	Vivienda Unifamiliar Prefabricada 04	42.21 m ²	VUF 04
5	Vivienda Unifamiliar Prefabricada 05	52.29 m ²	VUF 05
6	Vivienda Unifamiliar Prefabricada 06	59.85 m ²	VUF 06

Vivienda Unifamiliar Prefabricada 01.

Comprende un Área de 25.83 m², 6.30 m de largo x 4.10 m de ancho, consta de tres ambientes. Altura libre de la vivienda 2.40m, consta de una puerta principal de 1.0 m x 2.0m de altura, cinco ventanas de 1.0 m de alto por 1.30m de ancho, una ventana de 0.80 m x 0.60m y dos puertas de 0.90 m x 2.0 m. Los muros tienen un espesor de 0.10 m.

Tabla 02
Ambientes, Áreas y Porcentaje de ocupación en VUF 01.

Ítems	Ambientes y elementos	m ²	Porcentaje
1	Sala múltiple: cocina, comedor y sala.	13.00	50.33%
2	Dormitorio: una cama 2/plazas o dos camas 1/plaza	7.50	29.04%
3	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.60	10.07%
	Muros	2.73	10.57%
	Área Total	25.83	100.00%

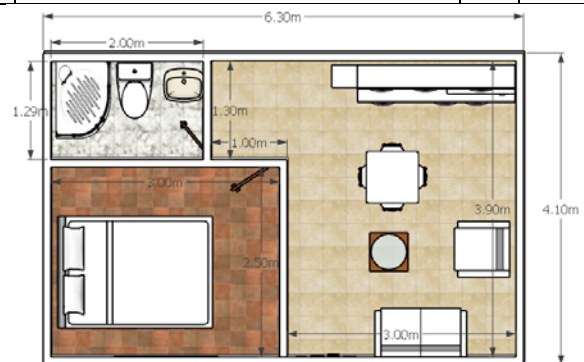


Fig. 1 Vista de Planta de VUF 01 25.83 m².

Vivienda Unifamiliar Prefabricada 02.

Comprende un Área de 33.39 m², 6.30 m de largo x 5.30 m de ancho, consta de cuatro ambientes. Altura libre de la vivienda 2.40m, consta de una puerta principal de 1.0 m x 2.0m de altura, seis ventanas de 1.0 m de alto por 1.30m de ancho, una ventana de 0.80 m x 0.60m y tres puertas de 0.90 m x 2.0 m. Los muros tienen un espesor de 0.10 m.

Tabla 03
Ambientes, Áreas y Porcentaje de ocupación en VUF 02.

Ítems	Ambientes	m ²	Porcentaje
1	Sala múltiple: cocina, comedor y sala.	12.36	37.02%
2	Dormitorio: una cama de 2/plazas	7.5	22.46%
3	Dormitorio: dos camas de 1/plaza	7.5	22.46%
4	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	7.79%
	Muros	3.43	10.27%
	Area Total	33.39	100.00%



Fig. 2 Vista de Planta de VUF 02: 33.39 m².

Vivienda Unifamiliar Prefabricada 03.

Comprende un Área de 39.06 m², 6.30 m de largo x 6.20 m de ancho, consta de cinco ambientes. Altura libre de la vivienda 2.40m, consta de una puerta principal de 1.0 m x 2.0m de altura, siete ventanas de 1.0 m de alto por 1.30m de ancho, una ventana de 0.80 m x 0.60m y cuatro puertas de 0.90 m x 2.0 m. Los muros tienen un espesor de 0.10 m.

Tabla 04
Ambientes, Áreas y Porcentaje de ocupación en VUF 03.

Ítems	Ambientes	m ²	Porcentaje
1	Sala múltiple: comedor y sala.	10.2	26.11%
2	Dormitorio: una cama de 2/plazas	7.5	19.20%
3	Dormitorio: dos camas de 1/plaza	7.5	19.20%
4	Cocina	4	10.24%
5	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	6.66%
	Pasadizo	3.06	7.83%
	Muros	4.20	10.75%
	Área Total	39.06	100.00%



Fig. 3 Vista de Planta de VUF 03: 39.06 m².

Vivienda Unifamiliar Prefabricada 04.

Comprende un Área de 42.21 m², 6.50 m de largo x 6.30 m de ancho, consta de cuatro ambientes. Altura libre de la vivienda 2.40m, consta de una puerta principal de 1.0 m x 2.0m de altura, ocho ventanas de 1.0 m de alto por 1.30m de ancho, una ventana de 0.80 m x 0.60m y tres puertas de 0.90 m x 2.0 m. Los muros tienen un espesor de 0.10 m.

Tabla 05
Ambientes, Áreas y Porcentaje de ocupación en VUF 04.

Ítems	Ambientes	m ²	Porcentaje
1	Sala múltiple: comedor y sala.	10.2	26.11%
2	Dormitorio: una cama de 2/plazas	7.5	19.20%
3	Dormitorio: dos camas de 1/plaza	7.5	19.20%
4	Cocina	4	10.24%
5	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	6.66%
	Pasadizo	3.06	7.83%
	Muros	4.20	10.75%
	Área Total	39.06	100.00%

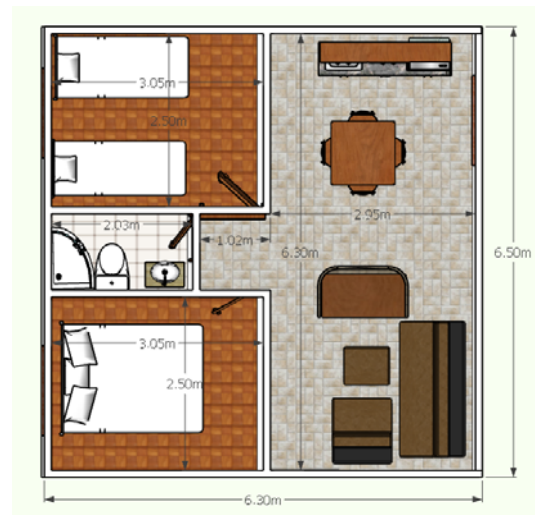


Fig. 4 Vista de Planta de VUF 04: 42.21 m².

Vivienda Unifamiliar Prefabricada 05.

Comprende un Área de 51.03 m², 8.10 m de largo x 6.30 m de ancho, consta de seis ambientes. Altura libre de la vivienda 2.40m, consta de una puerta principal de 1.0 m x 2.0m de altura, ocho ventanas de 1.0 m de alto por 1.30m de ancho, dos ventanas de 0.80 m x 0.60m y cinco puertas de 0.90 m x 2.0 m. Los muros tienen un espesor de 0.10 m.

Tabla 06
Ambientes, Áreas y Porcentaje de ocupación en VUF 05.

Ítems	Ambientes	m ²	Porcentaje
1	Sala.	12	23.52%
2	Cocina y comedor.	11.7	22.93%
3	Dormitorio: una cama de 2/plazas	8.76	17.17%
4	Dormitorio: dos camas de 1/plaza	7.5	14.70%
5	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	5.10%
6	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	5.10%
	Pasadizo	1.26	2.47%
	Muros	4.61	9.03%
	Área Total	51.03	100.00%



Fig. 5 Vista de Planta de VUF 05: 51.03 m².

Vivienda Unifamiliar Prefabricada 06.

Comprende un Área de 58.59 m², 9.30 m de largo x 6.30 m de ancho, consta de siete ambientes. Altura libre de la vivienda 2.40m, consta de una puerta principal de 1.0 m x 2.0m de altura, diez ventanas de 1.0 m de alto por 1.30m de ancho, dos ventanas de 0.80 m x 0.60m y seis puertas de 0.90 m x 2.0 m. Los muros tienen un espesor de 0.10 m.

Tabla 07
Ambientes, Áreas y Porcentaje de ocupación en VUF 06.

Items	Ambientes	m ²	Porcentaje
1	Sala comedor.	15.3	26.11%
2	Cocina y comedor.	6.1	10.41%
3	Dormitorio: una cama de 2/plazas	8.76	14.95%
4	Dormitorio: dos camas de 1/plaza	7.5	12.80%
5	Dormitorio: dos camas de 1/plaza	7.5	12.80%
6	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	4.44%
7	Baño, inodoro, lavatorio y ducha.	2.6	4.44%
	Pasadizo	1.26	2.15%
	Muros	6.97	11.90%
	Área Total	58.59	100.00%

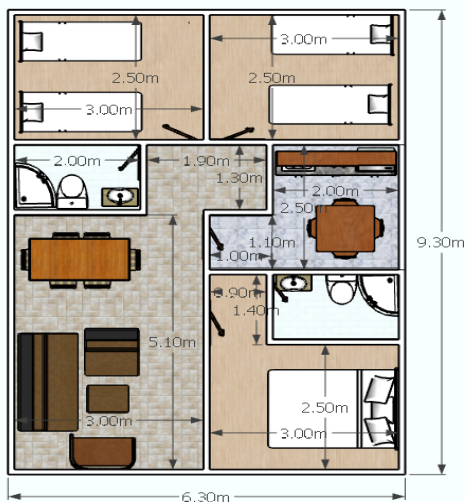


Fig. 6: Vista isométrica de VUF 06: 58.59 m².

B.2. Vista isométrica de las viviendas básica unifamiliares. [7]

La proyección isométrica nos permite mostrar las viviendas básicas en las dimensiones de tres ejes (altura, ancho y profundidad) lo que nos permite comprender a la obra que se desea llegar. Se muestra un cubo de dimensiones variables, pero en ella se muestra las características básicas de una vivienda.

Se ha proyectado en esta forma a fin de buscar reducir los costos a un mínimo. También se utilizan medidas comunes en las diversas viviendas. Es así que la vista frontal tiene 6.30 m de largo, la altura libre para todas las viviendas, las puertas, ventanas y algunos ambientes tienen las mismas dimensiones. En términos este diseño nos permite reducir costos de producción e incrementar la eficiencia de la línea de producción.

La vista es común y su perspectiva única, lo que difiere exteriormente entre una y otra son dimensiones longitudinales y el número de ventanas. Pero estos detalles se especifican en las vistas de planta.



Fig. 7 Vista isométrica de una VUF 02.



Fig. 8: Vista isométrica de VUF 06: 58.59 m².

B.3. Proceso de elaboración de elementos prefabricados de concreto armado.

Se pretende realizar un proceso para elaborar elementos prefabricados en una planta de producción y también que se produzcan elementos prefabricados en el lugar donde se realiza la obra o en un lugar más próximo y/ o donde la demanda de volumen se presente. Para lo cual los equipos a utilizar deben tener la propiedad de movilizarlos a un lugar con condiciones

mínimas y que estén cerca, del lugar donde se ensamblen las viviendas prefabricadas.

Las máquinas y equipos que se van a emplear y son:

- Laboratorio portátil para diseño y pruebas.
- Dispositivos de carguío, almacenaje, alimentación y dosificación de insumos.
- Mezcladora de concreto autopropulsado y /o donde exista se debe adquirir el concreto premezclado.
- Moldes independientes, sobre una guía de rieles, que pueda moverse horizontalmente y levantarse verticalmente.
- Plataforma independiente de vibración que incida directamente sobre los moldes con concreto.
- Montacargas de motor de explosión de 8 TM.
- Camión grúa de 20TM con plataforma libre de 10 m.
- Herramientas manuales y accesorios.

En el proceso de fabricación de elementos prefabricados de concreto, requiere contar con moldes donde se elaboran los elementos para desarrollar la producción en serie, considerando las especificaciones técnicas definidas. Los moldes es la parte fundamental para la industria del concreto y responde directamente en los resultados y su diseño debe dar respuesta a las exigencias específicas de los proyectos. Sin embargo, la eficiencia se incrementa cuando un molde o un reducido número de moldes pueda ser tan versátil y logre producir una gran variedad de elementos de concreto prefabricado y permita desarrollar a su vez varios tipos de obras. Cumpliendo los requerimientos en términos de dimensiones, estabilidad y baja deformación.

Para elaborar los diversos elementos prefabricados de las seis viviendas básicas unifamiliares se ha diseñado un molde de 2.40 m x 9.60 m con un espesor variable de 0.10m a 0.40m, diseñada de plancha de fierro, debiéndose disponer con varios moldes, la cual tiene dispositivos que pueden dar forma a piezas de menor dimensión y de configuración variable, así como dar forma a las puertas y ventanas, también debe permitir realizar colocar las instalaciones sanitarias y eléctricas, antes del vaciado del concreto.

El concreto para lograr la resistencia proyectada debe ser sometido a un proceso de vibración, por lo cual el molde debe ser colocado en una plataforma de vibración. El sistema diseñado consiste en ubicar los moldes sobre rieles y la plataforma de vibración es desplazada hasta el molde de concreto, con lo cual los costos de implementación del equipo de vibración se reducen. Cuando la producción de elementos prefabricados se desplaza a otro lugar (en situaciones de emergencia), el proceso de vibración se reemplaza con la utilización de aditivos. Se piensa en el futuro, que según los costos del uso de los aditivos el proceso de vibración física puede ser sustituido por la aplicación de aditivos que permitan lograr la resistencia del concreto deseado.

Para realizar la elaboración de elementos prefabricados de concreto se debe realizar el siguiente proceso:

1. Definir el diseño de la vivienda básica unifamiliar.
2. Preparación de los elementos a prefabricar.
3. Moldeo, colocación de mallas y tuberías.
4. Vertido del concreto, preferencia de concreto premezclado.
5. Vibración molde más concreto.
6. Acabados.
7. Acumulación de piezas y catalogación.

Una vez logrado las piezas necesarias, estas deben montarse en un camión y llevarse al lugar del montaje, es decir donde se edificará la vivienda básica construida.

B.4. Ensamble de una vivienda prefabricada con elementos prefabricados de concreto armado.

Para realizar la elaboración de elementos prefabricados de concreto se debe realizar el siguiente proceso:

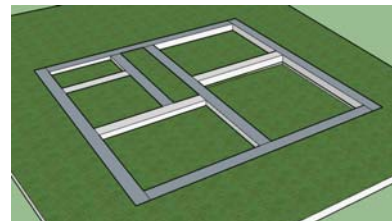


Fig. 9: Marcado, excavación e instalación de cimentación.

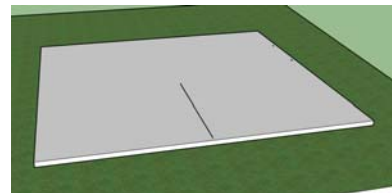


Fig.10: Losa de piso sobre la cimentación.

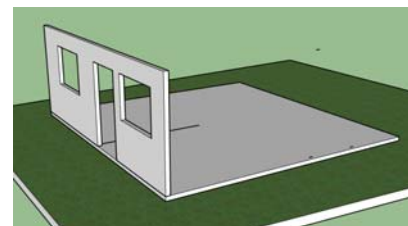


Fig.11: Instalación de pared frontal.

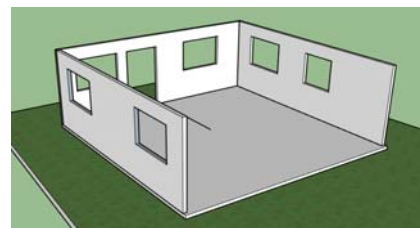


Fig.12: Instalación de pared frontal y paredes laterales.

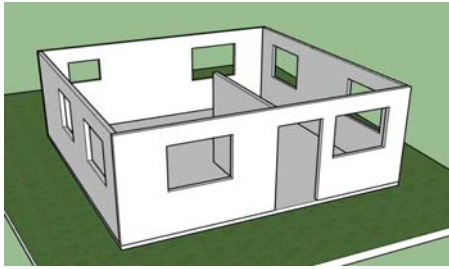


Fig.13: Instalación de pared perimetral y pared interior.

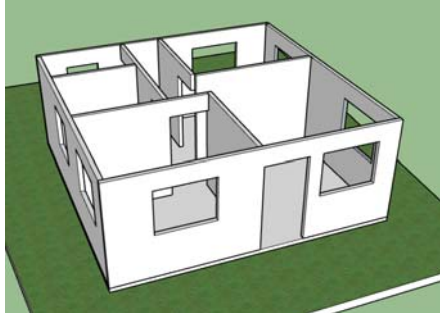


Fig.14: Instalación de pared perimetral y muros del interior.

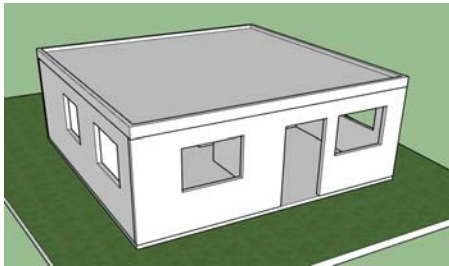


Fig.15: Instalación del Techo.



Fig.16: Culminación de acabados de la obra. VUF 03

B.5. Estructura de los elementos prefabricados de concreto armado.

El sistema estructural de elementos prefabricados de concreto comprende vigas de cimentación, lozas de piso y techo y muros, bajo un enfoque de paneles estructurales articulados con anclajes que soporten las solicitudes de esfuerzo. Los elementos deben alcanzar una resistencia suficiente para su manejo, para ser removidos de sus moldes y trasladados al lugar de la obra, donde se debe ensamblar y en el tiempo soportar las inclemencias de lugar.

Cada elemento es de concreto reforzado de 210 Kg/cm² con malla cada 0.20 m en ambos sentidos de fierro de diámetro de 3/8" de diámetro y en el perímetro próximo al borde va un fierro de diámetros de 1/2" de diámetro, también se aplica refuerzos en las esquinas y lugares críticos. Para el transporte se instalan dispositivos que den fortaleza en el transporte y no sufran deterioros probables.

Se muestran dos piezas con sus estructuras expuestas, las demás muestran similar constitución.

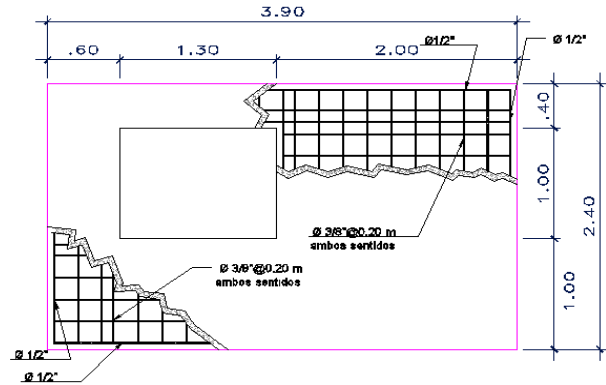


Fig. 17: Estructura de una pieza Lateral con ventana de la VUF 01

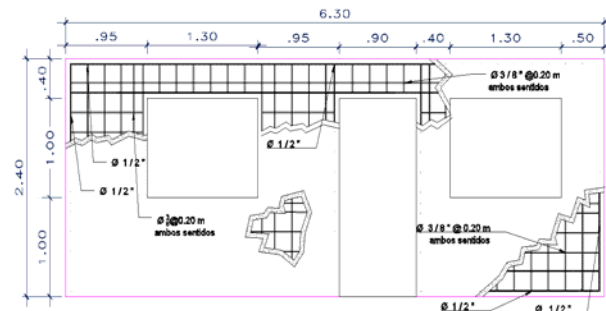


Fig. 18: Estructura de una pieza frontal de la VUF 01

B.6. Costo de las Viviendas Unifamiliar Prefabricada.

El siguiente cuadro muestra el costo de las viviendas básicas unifamiliares, edificadas con elementos prefabricados.

Tabla 08
Costo de una vivienda básica unifamiliar en soles y dólares americanos.

Item	Descripción	Costo en Soles	Costo en Dólares
1	Costo Total VUF-01 : 25.83 m ²	30,062.28	8,971.14
2	Costo Total VUF-02: 33.39 m ²	36,836.79	10,992.77
3	Costo Total VUF-03: 39.06 m ²	43,246.13	12,905.44
4	Costo Total VUF-04: 42.21 m ²	44,049.82	13,145.28
5	Costo Total VUF-05: 52.29 m ²	58,334.51	17,408.09
6	Costo Total VUF-06: 59.85 m ²	65,759.31	19,623.79

Tipo de cambio: S/3.351; al 15 dic 2018 tomado de SUNAT-PERU.

Los costos de las viviendas prefabricadas que se muestran en la tabla 10 están en moneda peruana en soles y los costos incluye mano de obra especializada, materiales, herramientas y equipos.

Por cada partida se han realizado un análisis de costos unitarios indicando la cantidad de materiales utilizado y considera los equipos y maquinas necesarias para su fabricación.

Los costos en dólares de viviendas básicas comprenden de \$ 8,971.14 a 19,623.79 dólares americanos ver tabla 09, tabla10 y son accesibles para las economías de las poblaciones periféricas. Estos precios son competitivos con los costos que ofertan en la industria inmobiliaria.

El bono que asigna el gobierno peruano a los damnificados de Ichupampa Arequipa, es de S/43.348 y su valor en dólares americanos es de \$ 13.171. El valor de la vivienda VUF 01 al a VUF 04 están por debajo del bono asignado por el Gobierno Peruano. La propuesta de atender en situaciones de post emergencia se enmarca para una atención directa, con eficacia y en un periodo corto de tiempo.

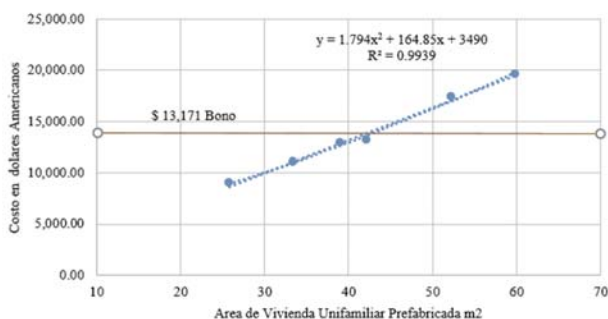


Fig.19: Análisis de regresión y coeficiente de determinación.

El análisis de regresión entre la superficie de la VUF y el costo en dólares de su edificación tiene una tendencia polinómica y el coeficiente de determinación es altísimo. El mayor porcentaje de la edificación corresponde a los trabajos de concreto en la VUF 01 el 61.13% y en la VUF 06 el 61.96 %.

El montaje de una vivienda se puede realizar en un periodo de dos a cuatro horas, con un equipo mínimo. Se requiere de un personal especializado y con conocimiento en edificación de obras prefabricadas y sus ayudantes no es necesario que sean de mano de obra especializada, pero es muy importante contar con los documentos y planos al detalle para el montaje de la edificación.

El mayor costo de implementación de la planta de producción de elementos prefabricados requiere la plataforma de vibración, sin embargo, con la alternativa de emplear aditivos químicos se puede sustituir esta gran inversión y esta alternativa contribuye a que la producción de elementos prefabricados sea más versátil y pueda trasladarse la elaboración de elementos prefabricados al pie de la obra en especial en situaciones de atención post emergencia.

El costo por metro cuadrado de vivienda prefabricada, en dólares americanos comprende de \$ 311.43 a \$ 347.31 dólares

americanos, estos montos son uno de los más bajos en comparación a los costos de construcción tradicional. También son costos competitivos con la industria inmobiliaria que existe en la ciudad de Arequipa – Perú.

Tabla 09
Costo de una vivienda básica unifamiliar en soles y dólares americanos.

Ítems	Descripción	Costo Dólares	Áreas m ²	Costo \$ / m ²
1	Costo Total VUF-01	8,971.14	25.83	347.31
2	Costo Total VUF-02	10,992.77	33.39	329.22
3	Costo Total VUF-03	12,905.44	39.06	330.40
4	Costo Total VUF-04	13,145.28	42.21	311.43
5	Costo Total VUF-05	17,408.09	52.29	332.91
6	Costo Total VUF-06	19,623.79	59.85	327.88

III. CONCLUSIONES. [7]

- Se ha logrado diseñar seis tipos de viviendas básicas unifamiliares y están de acuerdo a las normas y puede ser accesible a las economías de los recursos más bajos y también puede estar disponible cuatro tipos de Viviendas para ser atendidos por el bono de emergencia que otorga el gobierno peruano en situaciones de emergencia por fenómenos telúricos.
- Se ha logrado diseñar partes y elementos para el ensamblaje de las viviendas prefabricadas, buscando eficiencia en cuanto a resistencia y a costos de inversión y elaboración.
- Se ha diseñado un proceso de producción de elementos prefabricados con un equipo mínimo que se puede disponer en cualquier lugar incluso en situaciones de post emergencia, de igual modo se ha diseñado un proceso simple para el montaje de las edificaciones. El criterio básico y fundamental que las piezas elaboradas no superen la capacidad del tamaño de los equipos de fabricación, de transporte y de montaje.
- De acuerdo a un análisis de procesos el periodo mínimo de edificación de una vivienda prefabricada es de 2 horas en cualquier época del año.
- Establecer el costo más bajo de un sistema de fabricación y ensamblaje de viviendas prefabricadas. Se ha logrado el costo más bajo en la VUF 04 a un costo de \$ 311.43 dólares americanos por metro cuadrado.
- Se tiene una convicción personal con la finalidad de desarrollar y poner a disposición una tecnología, técnicas y procesos a disposición de los entes y de la población en necesidad de vivienda. A fin de lograr que las familias puedan tener acceso a una vivienda básica o ya sea para solucionar los efectos de una situación de post emergencia. Tenemos la esperanza de poder difundir los conocimientos logrados luego de llevarlos a la praxis.

REFERENCIAS

- [1] Alcalde de Ica: Nada se ha hecho por Pisco a 10 años del terremoto. <https://exitosanoticias.pe/alcalde-ica-nada-se-ha-hecho-pisco-10-anos-del-terremoto/> Fecha 15 agosto 2017.
- [2] A dos años del sismo en el Colca familias de Ichupampa siguen viviendo en módulos. <https://elcomercio.pe/peru/arequipa/dos-anos-sismo-colca-familias-ichupampa-siguen-viviendo-modulos-noticia-546874>. Zenaida Condori, 15 agosto 2018.
- [3] Nueve de cada 10 viviendas de América Latina y el Caribe son de baja calidad. https://elpais.com/elpais/2018/10/27/planeta_futuro/1540600189_307714.html. María Luisa Rossel, Washington, 28 octubre del 2018.
- [4] Tipo de Cambio Sunat en línea, <http://www.sunat.gob.pe/el-at-ittipcam/tcS01Alias>.
- [5] Harmsen, T.E, Diseño de estructuras de concreto armado, 4ta Edición, Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial 2005.
- [6] ANDECE, La asociación Nacional de la industria del prefabricado de hormigón de España. Define un producto prefabricado de hormigón. <https://www.andece.org/prefabricados-de-hormigon.html>
- [7] Noriega A. G Yorel Establecimiento de un sistema de construcción de vivienda unifamiliar prefabricada a bajo costo de concreto armado. Tesis de Maestría en gerencia de la construcción de la Escuela de Post Grado de la Universidad católica de Santa María UCSM Arequipa Perú.
- [8] Casas prefabricadas en concreto prefabricado de Colombia CADECOL
- [9] Estructuras prefabricadas de concreto, Mario E. Rodríguez Investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, El Dr. Mario E. Rodríguez fue expositor durante el I Congreso de Estructuras y Construcción organizado por el Capítulo Peruano ACI, desarrollando el tema "Modernos Sistemas Constructivos Prefabricados".
- [10] Fernandez Herrera, D. Iniesta Nowell Arquitectos, Teléfono: +34 956 32 66 90, Fax: +34 956326690, Email: estudio@iniestanowell.com. Jerez de la Frontera (Cádiz) SPAIN. Casas prefabricadas de hormigón. Ventajas, sistemas y precios. <http://www.iniestanowell.com/casas-prefabricadas-de-hormigon-precios-opiniones/>
- [11] Sistema de edificación de viviendas con elementos prefabricados de hormigón armado. Otto Santiago Caballero Vinueza, Ingeniero Civil 2004, Ing. Julio Rodríguez Ríos, Director de Tesis, Ingeniero Civil, Universidad Católica Santiago de Guayaquil
- [12] Vivienda prefabricada de concreto, experiencia y avances tecnologicos. Instituto mexicano del cemento y del concreto, a.c. Ing. Juan Carlos Ares Cárdena, Arq. Eduardo Ochoa Garay, Sistemas Constructivos, GCC Cemento, S. A. de C. V.
- [13] Zorrilla, H.H, Profesional universitario UBA (16 febrero 2015) Casas prefabricadas de concreto premoldeado Buenos Aires, Argentina. Recuperado del Sitio web. <http://www.arquitecturadecasas.info/casas-prefabricadas-de-concreto-premoldeado/>. Técnica de construcción rápida y es una técnica de construcción económica que ahorra tiempo y mano de obra.
- [14] Estructuras prefabricadas en zonas sísmicas, (Precast structures in seismic areas), Manuel Burón, Dr Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, IETcc. UCLM Luis Vega Catalán, Arquitecto. IETcc. UPM Aurelio Domínguez Álvarez, Arquitecto. IETcc Peter Tanner, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IETcc.

Tabla 10
Detalle del costo en Soles por Partidas de las viviendas prefabricadas.

Items	Descripción	Costo VUF-01	Costo VUF-02	Costo VUF-03	Costo VUF-04	Costo VUF-05	Costo VUF-06
1.0	Trabajos preliminares.	285	353	404	432	512	591
	Limpieza terreno	159	190	214	227	263	300
	Trazo v Replanteo	126	163	190	206	249	291
2.0	Movimiento de tierras	431	493	559	601	724	869
	Excavación tierral	80	103	121	130	157	185
	Excavación cimientos	127	159	168	179	215	271
	Nivel terreno pisonado	50	68	90	99	120	130
	Nivel interior y pisón	25	31	33	35	42	53
	Eliminación excedente	104	111	123	132	159	194
	Relleno compactado	46	21	23	25	30	36
3.0	Concreto simple	135	169	180	191	242	289
	Solado	135	169	180	191	242	289
4.0	Concreto armado	18.380	23.152	27.026	27.681	35.339	40.750
	De F'c=210 Kg/cm2	8,651	10,881	12,535	12,953	16,690	19,131
	Acero de 1/2"	1,751	2,299	2,492	2,443	3,162	3,667
	Acero de 3/8"	4,765	5,932	7,344	7,474	9,289	10,847
	Transporte de piezas	742	933	1,075	1,111	1,432	1,641
	Montaje de piezas	2,471	3,108	3,580	3,700	4,767	5,464
5.0	Pisos v pavimentos	1,495	1,960	2,297	2,474	2,893	3,533
	Instala. cerámicos pisos	1,388	1,795	2,094	2,299	2,690	3,288
	Zócalos	107	166	203	174	204	245
6.0	Revoques v Enlucidos	614	614	614	614	1,152	1,152
	Instala. Mavólica pared	614	614	614	614	1,152	1,152
7.0	Pinturas	2,105	2,638	3,067	3,019	4,211	4,565
	Total pintura techo	456	567	691	747	903	1,059
	Total pintura muros	1,649	2,071	2,377	2,272	3,308	3,506
8.0	Carpintería metálica	2,326	2,778	3,553	3,262	4,329	5,104
	Instalación de puertas	1,357	1,810	2,262	1,810	2,714	3,167
	Instalación ventanas	969	969	1,291	1,453	1,614	1,937
9.0	Instalaciones Sanit.	3,040	3,361	3,546	3,816	6,563	6,418
	Accesorios						
	Lavatorio y grifería	472	472	472	472	472	472
	Wáter con tanque	512	512	512	512	1,025	1,025
	Lavatorio y grifería	368	368	368	368	736	736
	Grifería para ducha	276	276	276	276	552	552
	Desagüe						
	Salida PVC SAL 2"	87	87	87	87	139	139
	Salida PVC SAL 4"	46	46	46	46	92	92
	Sumidero bronce 2"	125	125	125	125	250	250
	Tapa registro de 4"	56	56	56	56	111	111
	Yee 4" reducción 2"	20	20	20	20	41	41
	Yee de 2"	20	20	20	20	235	39
	Tubería PVC SAL 2"	86	86	86	86	229	171
	Tubería PVC SAL 4"	167	250	167	167	459	334
	Codo PVC 2" 45°	29	230	346	461	922	749
	Codo PVC 4" 45°	9	92	129	166	9	332
	Caja de registro	40	40	40	40	80	40
	Tubería de ventilación	37	37	37	37	74	74
	Agua						
	Válvula de bola de 1/2"	173	173	173	173	230	230
	Tubería de 1/2"	244	244	285	366	407	475
	Codo de 1/2"	114	76	133	152	190	218
	Tee de 1/2"	45	36	54	72	81	108
	Pluvial						
	Tubería PVC 3" Lluvias	38	38	38	38	76	76
	Codo PVC SAL 3"x 45	18	18	18	18	35	35
	Codo PVC SAL 3"x 90	13	13	13	13	26	26
	Sumidero de bronce 3"	46	46	46	46	92	92
10	Instalaciones Eléctricas	1,251	1,318	2,000	1,959	2,370	2,488
	Salida centros de Luz	81	81	141	121	182	182
	Salida tomacorrientes	112	112	187	187	262	262
	Cable unipolar N°14	338	406	507	507	541	608
	Tablero - caja metálica	76	76	76	76	76	76
	Socket	53	53	93	93	119	119
	Interruptor simple	69	69	120	103	154	154
	Toma corrientes	110	110	183	183	256	256
	Octagonal I/ eléctrica	18	18	32	28	42	42
	Rectangular I/ eléctrica	28	28	92	74	106	106
	Tubos PVC Sel 3/4"	366	366	568	568	632	682
	Total	30,062	36,837	43,246	44,050	58,335	65,759