

Propuesta para la utilización de losas de entrepisos prefabricados y su evaluación costo-tiempo

Alex Aurelio Paye Anco¹, Jose A. Peña Castillo² & Juan L. Franco Sanchez³

Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

RESUMEN

La innovación tecnológica abarca aspectos como las mejoras en los procesos, los productos y en los servicios, orientados en estas mejoras es que tenemos por finalidad proponer sistemas innovadores de losas de entrepiso más ventajosos que el sistema de losas tradicionales actualmente usada por el sector de la construcción en Perú (Ghio & Bascuñan, 2006). Es por esta razón que realizamos un estudio para determinar las diferencias entre las losas aligeradas en una y dos direcciones; losas macizas; losas prefabricadas compuestas con viguetas pretensadas y prefabricadas; losas compuestas con láminas colaborantes y las prelosas, que en la actualidad se ofrece en la industria de la construcción peruana.

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

¹ Correo: payealex@gmail.com

² Correo: josepc_14@hotmail.com

³ Correo: jl_f3@hotmail.com

Paye Anco, A. A., Peña Castillo, J. A. & Franco Sánchez, J. L. (2014). Propuesta para la Utilización de Losas de Entrepisos Prefabricados y su Evaluación Costo-Tiempo. *Sinergia e Innovación*, 2(2), 1-29.

Fecha de recepción: 29/09/2014

Fecha de aceptación: 30/10/2014

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

PALABRAS CLAVE

Innovación tecnológica; prefabricados; losas de entrepisos, prelosas

Proposal to use prefabricated mezzanine slabs and its cost-time evaluation

ABSTRACT

Technological innovation includes aspects such as improving processes, products and services. With these improvements in mind, we propose that innovative slab systems are more advantageous than the traditional mezzanine slab system currently used by the sector construction in Peru (Ghio & Bascuñan. 2006). We conducted a study to determine the differences between the lightened slabs in one and two directions; solid slabs; precast slabs made with prestressed and precast joists made with collaborating sheets; and floor slabs slabs that are currently offered in the Peruvian construction industry.

Faced with such a demanding and competitive market, it is useful to analyze trends in the use of prefabricated mezzanine slabs using a cost and time evaluation by comparing them with traditional slabs in order to choose of the best mezzanine for the type of work and conditions.

This analysis shows that an alternative is not always chosen for its lower cost, but also for other benefits such as time, product quality, accessibility to the work area, safe construction processes, reducing overhead costs, etc.

KEYWORDS

Technological innovation; prefabricated; mezzanine slabs, prelabs

Introducción

Buscar alternativas de innovación tecnológica en la industria de la construcción actualmente se hace necesario para obtener ventajas competitivas en el mercado, es por ello que en la actualidad se viene trabajando cada vez más con elementos prefabricados en sus dos grandes grupos, prefabricación a pie de obra y prefabricación industrializada y estos procesos de industrialización nos permite lograr una mejor calidad del producto, reducir plazos de entrega y optimizar recursos.

Nuestro objetivo es presentar propuestas de elementos industrializados de losas de entrepisos para minimizar algunos de los problemas constructivos y errores durante la etapa de ejecución de los entrepisos y proponer una alternativa más conveniente con optimización de ahorro en tiempo y costo.

Tomando de referencia obras de edificaciones ejecutadas de hospitales y edificaciones de centros comerciales, nos hemos orientado a investigar la aplicación de losas de entrepisos, siendo estas obras representativas en el rubro de la construcción por su complejidad y por su corto plazo de entrega.

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

Para esto, se identificaron los problemas más comunes que se presentan en los sistemas de losas de entre piso tradicionales. Ponderamos estos problemas y así clasificamos los problemas más representativos y de mayor frecuencia en la ejecución de entrepisos tradicionales. Posteriormente, realizamos una evaluación técnica y económica (costo-tiempo) para justificar la mejor alternativa de uso de los elementos de entrepisos tradicionales y prefabricados.

El procedimiento para realizar la evaluación consistió en tomar obras representativas de edificaciones importantes en el rubro salud y centros comerciales (*retail*) que se han construido utilizando losas de entrepisos con sistemas tradicionales. De estas obras se obtendrán datos de los expediente técnicos y datos de la ejecución real y para el estudio hemos tomado cuatro obras de hospitales y dos obras del rubro *retail*. Como alternativas, proponemos las losas prefabricadas donde los datos se obtienen de las especificaciones técnicas de los fabricantes de estos

elementos. Con estos datos realizamos una evaluación técnica de costos por m² de losas de entrepisos, consumo de concreto por m², rendimiento de mano de obra y consumo de encofrado por m². Para la evaluación económica, comparamos los costos unitarios de ambos sistemas.

Del análisis realizado en el estudio, se obtiene que la mejor opción para el caso de losas de entrepisos es usar elementos prefabricados en comparación con los sistemas convencionales.

La industrialización en la construcción

Para entender a los elementos prefabricados de la industria de la construcción comentaremos un artículo "Innovación tecnológica en la construcción ahora es cuando" (Ghio & Bascuñan, 2006).

Para obtener una mayor productividad, tenemos en el mercado varios elementos prefabricados en la industria de la construcción. En este proceso productivo que de forma racional y automatizada emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas, sean en serie o no, los prefabricados pueden generar elevados rendimientos en obra, optimizando los recursos y sin afectar la calidad del producto.

La prefabricación de grandes elementos constructivos de gran peso fabricados fuera de la obra encarece el costo por el tema del transporte. Por ello, estos grandes elementos se fabrican al pie de obra como, por ejemplo, las grandes vigas AASHTO de los puentes. Sin embargo, elementos menos pesados que se pueden fabricar en serie y que demanda una fuerte cantidad de elementos repetitivos se realizan en una fábrica industrializada. Así, la ventaja de uno u otro sistema depende de muchos factores, entre los que se deben incluir el grado de industrialización, el costo de la mano de obra, las condiciones climáticas, etc. de cada lugar donde se realicen las obras.

Se debe tomar en cuenta el grado de desarrollo tecnológico de un país donde la mano de obra es cara, sin embargo, hay otros lugares donde existe un alto grado de desempleo y la mano de obra es barata.

Este enfoque nos demuestra que la prefabricación a pie de obra y la prefabricación industrializada, para cada caso amerita una evaluación que se debe de dar desde el proceso del diseño.

No se debe dejar de indicar que es muy importante la accesibilidad de los proyectistas para considerar elementos prefabricados desde la etapa del diseño y plantear soluciones de las uniones de los elementos prefabricados. Estas consideraciones pueden traer beneficios a los proyectos porque mejora el costo y el tiempo durante la etapa de ejecución.

Condiciones que favorecen la utilización de tecnología innovadora

En la actualidad se presentan diversas condiciones favorables para el desarrollo, adaptación e introducción de tecnologías innovadoras en el sector construcción. El Perú está atravesando un periodo de crecimiento sostenido que se ha manifestado claramente en la construcción y se puede apreciar que esta industria enfrenta nuevos desafíos, como el incremento de la competitividad a través de la apertura de mercados internacionales, es decir la participación de empresas extranjeras en el mercado de la construcción en el Perú (Ghio Castillo, 1998). Actualmente, se ha creado un clima adecuado para la introducción de tecnologías innovadoras en la industria de la construcción como las siguientes condiciones que favorecen la innovación en la construcción:

a) El mercado de la construcción.

La existencia de un mercado estable es una condición altamente deseada para la innovación tecnológica. El hecho de contar con una estabilidad del mercado en la construcción y que esto se prevea como duradero a través de un cierto periodo de tiempo genera condiciones favorables para la incorporación de innovaciones tecnológicas.

b) Potencial de innovación tecnológica

Para que una innovación tecnológica se produzca, es obviamente necesario que exista dicha tecnología. En el caso de la construcción, este punto no es un problema mayor. La industria de la construcción se caracteriza por su bajo nivel tecnológico y, es más, podemos decir que la mayoría de los materiales empleados hace dos décadas son prácticamente los mismos que los utilizados en la actualidad. Comparando con otras industrias, la asimilación de los desarrollos tecnológicos en la construcción es un proceso bastante más lento.

Se puede encontrar en la actualidad un sin número de oportunidades para que las empresas puedan diferenciarse rápidamente de la competencia mediante la incorporación de nuevas tecnologías.

c) La mano de obra en la construcción

La mano de obra en la construcción es un problema creciente en nuestros días. Es más cara y poco o nada capacitada, además de ser cada día más escasa debido al crecimiento de la construcción en los últimos años. Sin embargo, sólo nos queda buscar fórmulas para lograr

aprovechar en forma óptima los recursos existentes, es decir, construir más con la misma cantidad de recursos. No está demás indicar que la innovación tecnológica es una importante fuente para incrementar la productividad con los mismos recursos.

d) El capital

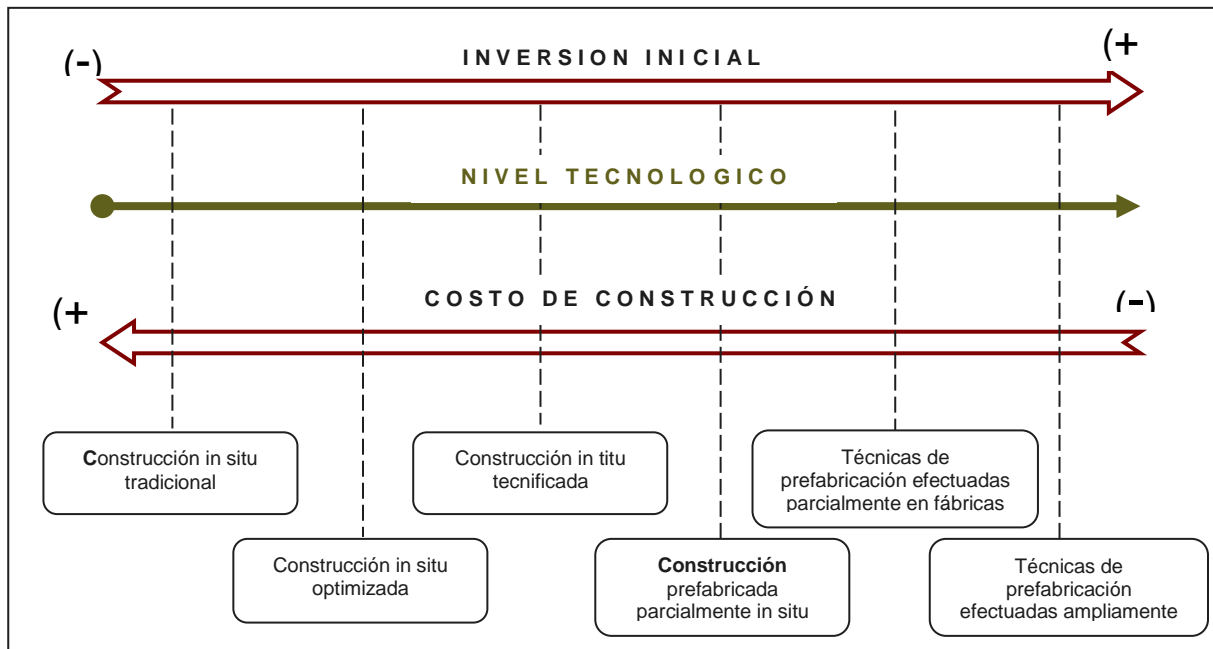
Convencer al empresario de invertir en capacitación y tecnología es un reto y es difícil que se produzcan innovaciones tecnológicas si es que no se cuenta con capital para invertir en los costos iniciales. Estos capitales pueden ser invertidos por las propias empresas o por inversionistas del mismo modo como se invierte en cualquier otro proyecto de desarrollo.

Procesos constructivos e innovación tecnológica

Como se viene mencionando líneas arriba los procesos constructivos innovadores van de la mano con la tecnología; sin embargo debemos indicar que el nivel en que se apliquen dichas innovaciones dependerá de diversos factores como el incremento de la calidad en la obra, reducción de tiempo y costos de construcción, mejoras en la eficiencia, entre otros, estos factores determinan el nivel óptimo de la innovación (Ghio Castillo, 1998).

La decisión acerca del nivel en que se debe de aplicar la innovación se relaciona principalmente con la capacidad de inversión y el mercado existente, de acuerdo a esto, se plantea a continuación diferentes escenarios en donde se aplican distintos niveles de innovación tecnológica en la construcción. Por lo general, mientras mayor sea la importancia de la innovación, en cuanto a los cambios que genera en los procesos constructivos tradicionales, mayor será la inversión inicial para introducirla, pero también serán mayores los beneficios que se puedan obtener de ella (Ghio Castillo, 1998; Gómez Jáuregui, 2008).

Gráfico 1 Niveles de innovación tecnológica



Fuente: Elaboración propia en base a Ghio Castillo, 1998.

Para entender mejor los niveles de innovación tecnológica se describen a continuación cada una de las etapas.

a) Construcción in situ tradicional

En este nivel de innovación tecnológica, la inversión es cero, por lo que se le denomina construcción tradicional in situ. Estas técnicas demandan una gran cantidad de mano de obra y destreza de los obreros para desarrollar labores artesanales.

b) Construcción in situ optimizada

Las posibles mejoras de los procesos dependen en gran medida de los incrementos en la productividad, que busca reducir los tiempos muertos mediante un mejoramiento de la planificación, así como el mejoramiento de los sistemas del control de avance y de los costos. El diseño de los procesos constructivos y la optimización del número de cuadrillas son importantes en la optimización de la construcción in situ.

c) Construcción in situ tecnicada

Se refiere a los procesos constructivos que incorporan ciertos grados de tecnicación a los procesos constructivos tradicionales para mejorar la productividad, reducción de tiempos y costos de construcción. En este sentido, nos referimos a la utilización de maquinaria y equipo liviano, así como otros procesos de mejoramiento de la construcción in situ.

d) Construcción prefabricada parcialmente en situ

Este procedimiento constructivo consta de métodos de prefabricación, los cuales son incluidos dentro del contexto general de la construcción in situ; es decir, la prefabricación se realiza al pie de la obra. De esta manera, los prefabricados requieren de una inversión menor relativamente a las instalaciones y equipos correspondientes al de una fábrica.

e) Técnicas de prefabricación efectuadas parcialmente en fábrica

Aquí, los elementos de construcción son elaborados en una fábrica independiente de la obra. Nos referimos todavía a elementos parcialmente prefabricados, ya que en este tipo de construcción aún existen actividades que utilizan gran cantidad de mano de obra, sin embargo, muchos de los componentes de la edificación serán construidos en una fábrica para luego ser transportados e instalados in situ. Generalmente se tiende a utilizar elementos de bajo peso a fin de minimizar los costos de transporte y facilitar su manipulación y traslado interno.

Las técnicas de prefabricación están orientadas a producir elementos de calidad homogénea y de fácil y rápida colocación.

Es importante tener en cuenta la modulación de los elementos prefabricados para que presenten las formas más sencillas y los procedimientos de colocación más eficientes.

f) Técnicas de prefabricación efectuadas ampliamente en fábrica

Esta técnica de prefabricación es conducida ampliamente en fábrica y recurre a procedimientos en los que se logran una producción en serie de elementos de mayor envergadura. La intención principal de este tipo de procedimiento constructivo es minimizar los trabajos que se realizan in situ.

Por la dimensión y peso de estos elementos se debe de minimizar la distancia de transporte y tener en cuenta los refuerzos para izaje, ya que estas son parte importante de los costos de construcción.

Conforme se vaya aumentando el grado de industrialización de la construcción, se irá aumentando a su vez la inversión inicial necesaria para montar la planta de prefabricación.

En esta técnica industrializada podemos observar dos puntos:

- **Técnicas ejecutadas ampliamente en fábricas.**

Es cuando se ejecuta gran cantidad de elementos en fábrica, pero que no representa el total.

- **Técnicas ejecutadas totalmente en fábrica.**

Son aquellos procesos en los que toda la construcción se realiza de manera modular en la fábrica, dejando para la obra el montaje del módulo prefabricado y las conexiones de redes públicas, eléctricas, sanitarias, entre otras.

Estrategia. Todo este escenario que se conoce actualmente es el propósito del análisis de la investigación por lo que se ha considerado cinco tipos de losas de entrepiso para esta investigación:

1. Losa aligerada convencional.
2. Losa maciza.
3. Losa aligerada con viguetas pretensadas y prefabricadas.
4. Losa con placas colaborantes.
5. Losa con prelosas.

La prefabricación como alternativa

Las piezas de concreto prefabricadas son cada vez más populares y en los siguientes años lo serán aún más, ya que proporcionan numerosas ventajas en comparación con otros sistemas constructivos. Una de las ventajas es que permiten llevar a cabo proyectos de grandes dimensiones y con cronogramas apretados gracias a tiempos mínimos de montaje in situ, lo que se complementa con el hecho de evitar trabajos de acabado. Los prefabricados de concreto también facilitan una construcción inteligente, ya que los sistemas eléctricos y de calefacción o de refrigeración pueden ser insertados directamente en las piezas. De ahí el constructor debe aprovechar estas opciones desde la etapa de planeamiento (Penades Martí, 2002).

A los prefabricados de concreto se les atribuyen ventajas como la velocidad de ejecución y un proceso productivo bajo condiciones estables y controladas, los cuales permiten la optimización de materiales y recursos.

Con el uso de los prefabricados se busca:

En obra

Velocidad de trabajo

Contar con elementos prefabricados en obra hace posible que los trabajos se desarrollen con mayor velocidad al tener que integrar estos elementos con aquellos que necesariamente deben realizarse en obra (Entrepisos Lima, 2013).

Optimización de los tiempos de construcción

Basada en la mecanización del trabajo y en una producción continua y constante que responda a un ritmo prefijado de elementos prefabricados, es posible realizar las tareas en fases elementales. Esto hace posible un aumento de la productividad; un mayor aprovechamiento de las características de los materiales; una disminución de los pasos; y una reducción del tiempo de construcción, que se traduce en importantes ahorros para los propietarios (Entrepisos Lima, 2013).

Eficiencia en controles de obra

Las características principales de los elementos prefabricados, obliga a desarrollar un conjunto de operaciones especializadas que repercuten en un mejor uso de herramientas y equipos. Esto hace que sea más fácil y eficiente el control de estos elementos en obra (Entrepisos Lima, 2013).

Precisión dimensional

Al tratarse de elementos mecanizados producidos en planta, las dimensiones son casi exactas con pocos errores y variaciones, los cuales no son significantes una vez colocados en obra (Entrepisos Lima, 2013).

Terminados perfectos

Los elementos prefabricados presentan caras o lados con mejores acabados con respecto a los elementos elaborados en obra. La cantidad de mano de obra utilizada para dar una mejor acabado es casi nula en esta clase de elementos (Entrepisos Lima, 2013).

Organización y planeación

Planeación financiera

Con la utilización de los prefabricados se debe realizar una buena planificación financiera debido a que se debe realizar desembolsos iniciales para la producción o compra de los elementos que

serán fabricados en planta. Esto origina un flujo económico de salida inicial alto que debe ser bien manejado.

Coordinación de actividades

Es de vital importancia el realizar una planificación de las actividades involucradas con las piezas prefabricadas. Al ser una construcción más rápida las actividades deben estar coordinadas y preparadas para no ocasionar retrasos.

Costos

Presupuestos más precisos

Con la utilización de los prefabricados, es posible tener los costos iniciales de los prefabricados. Estos costos son prácticamente fijos, mientras que en los saldos de obra es más fácil el poder costear ya que una gran parte ya está cuantificada. Además, es posible tener menor cantidad de desperdicios al usar prefabricados, por consiguiente menor costo de obra.

Control de materiales, 100% optimización

Con la utilización de prefabricados, la cantidad de desperdicios disminuye sustancialmente, por lo que el control es más sencillo puesto que se tiene menos cantidad de materiales en la obra.

Mano de obra no especializada

En la construcción con elementos prefabricados de concreto son necesarias menos personas y menos maquinaria en la obra. Las piezas ya fabricadas permiten que el impacto con el resto de la obra se minimice. Es sencillo el montaje de las piezas prefabricadas, por lo que no es necesario mano de obra calificada o especializada, sólo es suficiente recibir una charla de capacitación para que logre mejorar las condiciones de trabajo.

Anular los tiempos muertos

Con la utilización de elementos prefabricados prácticamente quedan reducidos los tiempos muertos, ya que al trabajar con estos elementos, la velocidad de producción aumenta. Esto origina que los tiempos para la ejecución sean reducidos y las otras actividades deben ejecutarse al mismo ritmo, debido que prácticamente los tiempos muertos son nulos.

Aspectos a tener en cuenta

Planificación minuciosa

Es indispensable que en los proyectos donde se incorporan sistemas prefabricados, los constructores planifiquen perfectamente las dimensiones, peso y ubicación de instalaciones de cada elemento en función de los accesos (Graña y Montero, 2008).

Transporte y movimiento

El volumen de las piezas plantea complicaciones tanto en el transporte como en la puesta en obra, donde precisa el uso de grúas para su colocación. Se debe tener en cuenta, además, la necesidad de que existan accesos acondicionados para tráiler y maquinaria pesada para la manipulación del prefabricado (Graña y Montero, 2008).

Coordinación entre fabricante y constructor

Es importante las labores de coordinación para que el constructor tenga preparados los espacios para proceder al montaje del prefabricado, donde se tiene que realizar un control de colocación mucho más exhaustivo que el que se realiza para la obra in situ (Graña y Montero, 2008).

Identificando los problemas más comunes en los sistemas tradicionales de losas de entrepisos

Para referencia, se ha estudiado seis obras de edificación (cuatro obras de hospitales y dos obras del rubro *retail*). En estas obras se realiza el estudio de la identificación de problemas al momento de ejecutar las losas de entrepiso.

Para realizar la identificación de los problemas más comunes, se ha clasificado en áreas o fases para ubicar donde y en qué fase se generan la gran mayoría de los problemas más comunes, estas fases han sido clasificadas por grado de importancia del 1 al 7 (1 menos importante y 7 más importante).

El procedimiento realizado se describe a continuación. Para cada una de las obras se ha realizado una encuesta con los datos de la Tabla 1, esta encuesta es llenada con datos reales y experiencias que se han tenido en el desarrollo de los trabajos encontrados, así se identifican una serie de dificultades y problemas que impiden ejecutar las actividades de manera adecuada y óptima.

Tabla 1 Parámetros a considerar para medir los problemas más comunes durante la ejecución de una losa

Más importante ↑ ↓ Menos importante	7	Durante el proceso constructivo	Se consideran los problemas que se presentan en el proceso constructivo al realizar una losa.
	6	Afectan el tiempo de ejecución	Problemas que estén relacionados al tiempo y afecten el normal desarrollo de la ejecución de la losa.
	5	Utilización de recursos	Se trata de conocer la cantidad de recursos que se utilizan para realizar una losa.
	4	De la calidad en el acabado	Cuál es la calidad de acabado que se tiene al desencofrar la losa.
	3	Cantidad de desperdicios generados	Tener en consideración cuanto de desperdicio se genera durante la ejecución de la losa.
	2	Relacionado a su uso o mayor carga que recibirá	Si la losa presenta problema, ya que posteriormente recibirá carga durante su uso.
	1	Necesidad de financiamiento inicial	Qué tan necesario es contar con un financiamiento inicial para los recursos al ejecutar una losa.

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, hemos logrado obtener seis matrices, indicando para cada tipo de losa sus propios problemas y dificultades. Estos datos los consideramos importantes y a ser tomados en consideración para poder aliviar o buscar una solución a cada problema indicado.

De las matrices presentadas anteriormente (seis matrices) se ha generado un matriz resumen, es decir se ha unificado los tipos de problemas de cada obra y hemos obtenido un problema representativo que reúne a las seis obras estudiadas de manera que tenemos una matriz resumen, la cual la mostramos en la siguiente tabla.

Tabla 2 Matriz resumen de causas y problemas presentes en el proceso constructivo en obras de edificación

IMPORTANCIA	DESCRIPCION	LOSA ALIGERADA		LOSA NERVADA 2 DIRECCIONES		LOSA MACIZA	
		Consecuencia (1 menor consecuencia - 3 mayor consecuencia)					
7	DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO	Problemas en la colocación del ladrillo en los últimos pisos y alineamientos.	2	. Desalineamiento de ladrillos huecos al momento del vaciado . Dificultad para el vibrado de viguetas, debido al desacomodo de ladrillos. . Zonas difíciles de limpiar, debido al congestionamiento de acero y gran cantidad de restos de ladrillo hueco	3	Es mas sencillo pero demanda mayor tiempo	1
			M(14)		A(21)		B(7)
6	AFECTAN EL TIEMPO DE EJECUCION	Problemas de tiempos muertos, tiempos de acuerdo a rendimientos promedio	1	Demanda mucho mas tiempo que la losa convencional. Demora en sellado de huecos de los ladrillos por ambos lados	3	Solo el encofrado requiere mayor tiempo	2
			B(6)		A(18)		M(12)
5	UTILIZACION DE RECURSOS	Recursos de obreros no tan sofisticados	2	Utiliza mayor cantidad de recursos (hh) debido a la forma de las nervaduras. Consume mayor cantidad de encofrado	3	Necesita mayor logistica para atender los recursos (encofrado y acero)	3
			M(10)		A(15)		A(15)
4	CALIDAD DE ACABADO	Se elimina mucho desperdicio en un 10%	2	. Presencia de cangrejeras debido a un vibrado deficiente en las viguetas. . Mezcla del concreto con los restos de ladrillos, los cuales se concentran en las vigas debido al congestionamiento de acero	3	buena calidad del producto.	1
			M(8)		A(12)		B(4)
3	CANTIDAD DE DESPERDICIOS GENERADOS	Se elimina mucho desperdicio en un 10%	3	. Gran cantidad de unidades de ladrillo hueco destrozados por las instalaciones electricas	2	No se elimina mucho desperdicio	1
			A(9)		M(6)		B(3)
2	RELACIONADA A SU USO Y MAYOR CARGA QUE RECIBIRA	Involucra luces cortas	1	Recibe mayor carga y resiste luces mayores	3	En zonas donde se requiere mayor resistencia en su plano	2
			B(2)		A(6)		M(4)
1	NECESIDAD DE FINANCIAMIENTO INICIAL	Se requiere un 30% de su costo para iniciar	1	Requiere un alto fiannciamiento	2	se requiere un 70% de su costo para iniciar	3
			B(1)		M(2)		A(3)

Importancia: (1 menos importante - 7 mas importante)

BAO 1
MDO 2
ATO 3

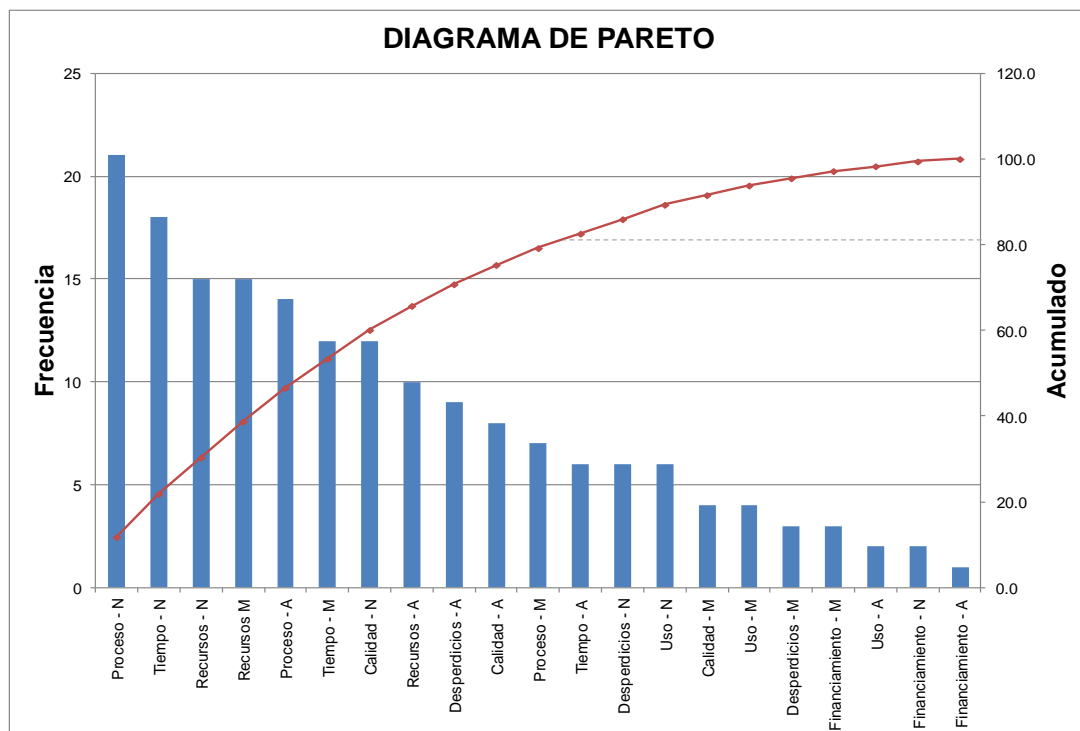
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, adicionalmente se ha ponderado y se ha colocado pesos a cada una de las consecuencias para obtener así los datos que necesitan ser atendidos con mayor prioridad y atención. La ponderación se ha realizado mediante el producto de la consecuencia de impacto bajo, medio y alto con las consecuencias de importancias de menos a más importante, obteniendo así problemas de mayor impacto y de rápida identificación para poder buscar su pronta solución o reducción de impacto. Para lograr identificar a los problemas que necesitan mayor atención de nuestra investigación, nos apoyamos en el diagrama de Pareto con la cual se extraerán las causas más importantes las cuales deben ser analizadas y plantear alternativas de solución a estos problemas.

Identificamos con las siglas N, A y M a las losas nervadas, aligeradas y macizas respectivamente. Podemos clasificar a los que merezcan mayor atención, solucionando gran parte de estos problemas en general.

Con estos datos, se hace efectiva la gráfica mostrada para saber cuáles son los problemas más significativos que merecen una mayor atención y proponer alternativas de solución.

Gráfico 2 Diagrama de Pareto (principales problemas potenciales)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Tabla 2

De la gráfica se puede deducir que merecen mayor atención de solución los problemas de las fases de procesos constructivos, tiempos y recursos de las diferentes losas de entresijos.

Propuesta de solución

Evaluación costo-tiempo de las losas de entre pisos propuestas

Las alternativas de uso de elementos prefabricados que se proponen en este capítulo son la utilización de viguetas prefabricadas para el caso de losa aligerada; losa con lamina colaborante para el caso de losas nervadas; y prelosas para el caso de losas aligeradas en una y dos direcciones, así como para losas macizas.

Para realizar las evaluaciones, se tomarán en cuenta dos criterios, una evaluación técnica y otra evaluación económica. En la evaluación técnica, con datos reales y considerando algunas de sus características y propiedades físicas realizaremos la comparación de las tres alternativas. De igual forma, para el caso de la evaluación económica mediante ratios de costos evaluaremos y compararemos las alternativas para escoger la más adecuada.

Evaluación técnica

En esta evaluación, se toman algunas características de cada sistema que se consideran son más importantes por las consecuencias que se generan si logramos reducir alguno de estos factores (Acero Deck, 2009).

Por los pesos propios de las losas

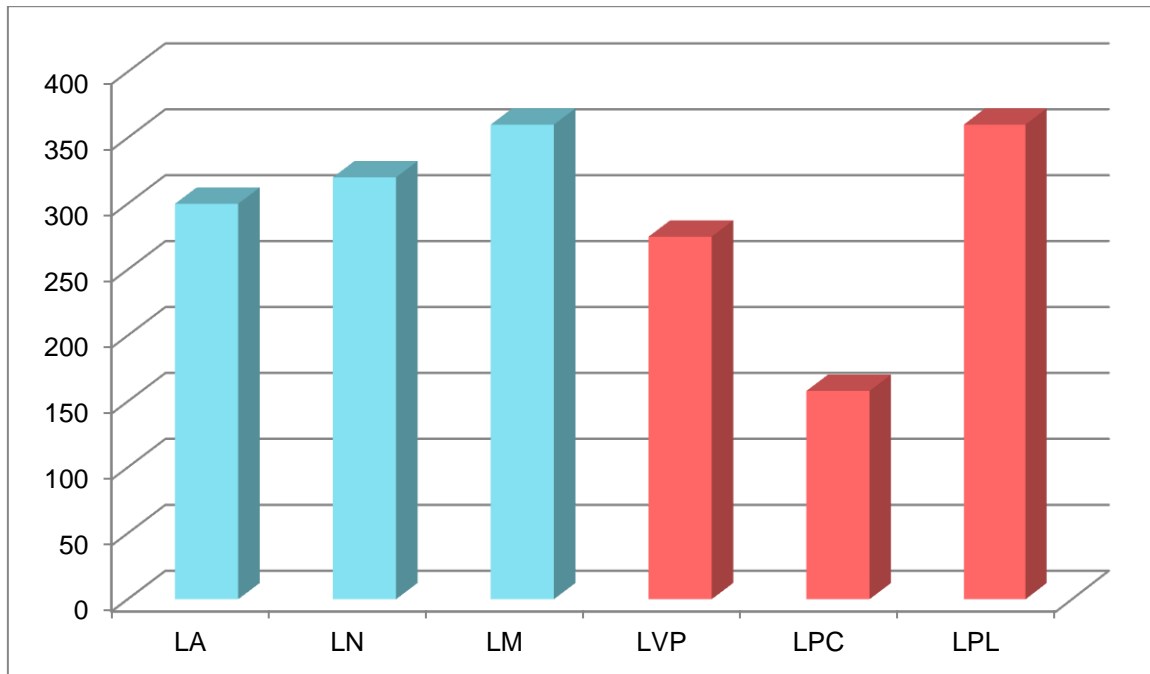
La evaluación consiste en determinar cuál de estas alternativas presenta el menor peso por metro cuadrado, ya que esto generará un ahorro en la edificación, puesto que a menor peso, consecuentemente, se obtienen menor sección de columnas y menor cantidad de acero de refuerzo; es decir, se puede disminuir el peso de la estructura (Firth, 2010).

Tabla 3 Comparativo de los pesos unitarios de losas

Sistemas convencionales			Sistemas prefabricados		
Losa aligerada (LA)	Losa nervadas (LN)	Losa maciza (LM)	Losas con viguetas prefabricadas (LVP)	Losa con placa colaborante (LPC)	Losas con prelosas (LPL)
300 kg/cm ²	320 kg/cm ²	360 kg/cm ²	275 kg/cm ²	158 kg/cm ²	360 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia en base a Acero Deck, 2009; Entrepisos Lima, 2013; Firth, 2010. Gráfico 3 Diagrama de pesos de losas de entrepisos

Gráfico 3 Gráfico comparativo de los pesos unitarios de losas



Fuente: Elaboración propia en base a Acero Deck, 2009; Entrepisos Lima, 2013; Firth, 2010. Gráfico 3 Diagrama de pesos de losas de entrepisos

Del Gráfico 03, encontramos que el sistema de losas compuestas con placa colaborante posee pesos propios menores en un 56%, aproximadamente con respecto a las losas macizas. La losa con viguetas prefabricadas posee pesos menores en un 8.00% aproximadamente con respecto a la losa aligerada convencional.

Por el consumo de concreto

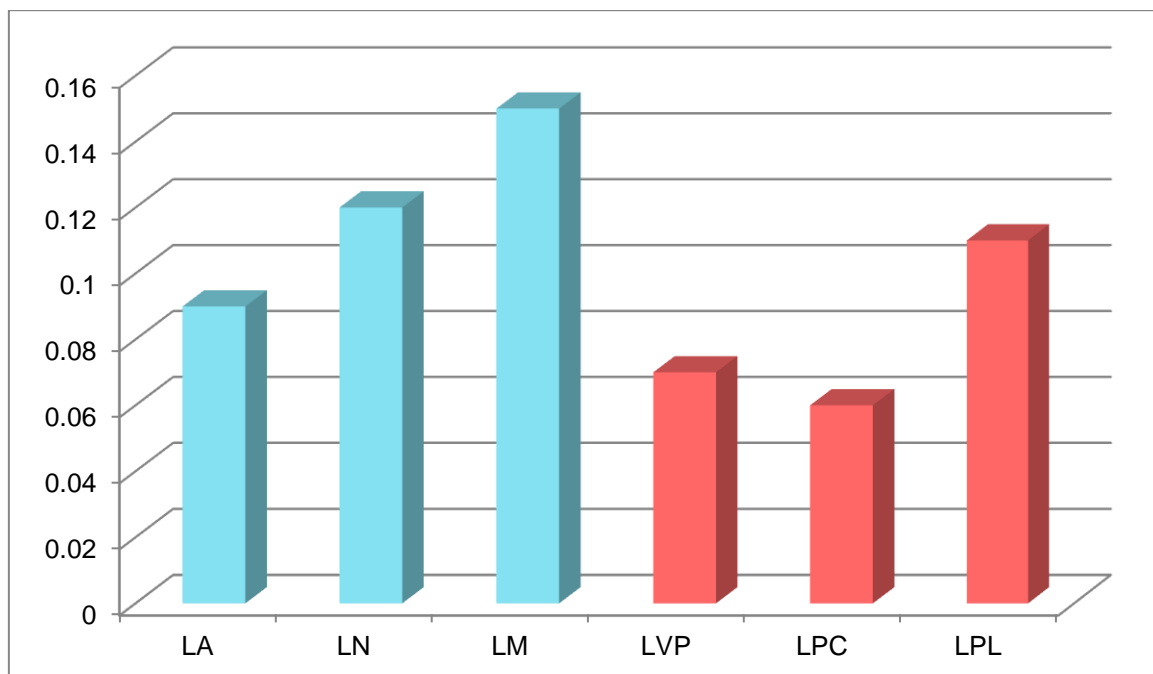
Se ha determinado en cada uno de los sistemas el consumo de la cantidad de concreto que interviene por metro cuadrado de losa, considerando que a menor cantidad de concreto menor costo de losa.

Tabla 4 Comparativo del consumo de concreto por m² de losas en base a los expediente técnicos usados para la ejecución de las obras estudiadas en este artículo

Sistemas convencionales			Sistemas prefabricados		
Losa aligerada (LA)	Losa nervadas (LN)	Losa maciza (LM)	Losas con viguetas prefabricadas (LVP)	Losa con placa colaborante (LPC)	Losas con prelosas (LPL)
0.090 m ³ /m ²	0.120 m ³ /m ²	0.150 m ³ /m ²	0.070 m ³ /m ²	0.060 m ³ /m ²	0.110 m ³ /m ²

Fuente: Elaboración propia en base a EsSalud, 2011; Gobierno Regional de Junín, 2012; Ministerio de Salud, 2012; Ministerio de Salud, 2008; Sigral S.A., 2012; Sigral S.A., 2013.

Gráfico 4 Diagrama de cantidad de concreto por m² de losa



Fuente: Elaboración propia en base a EsSalud, 2011; Gobierno Regional de Junín, 2012; Ministerio de Salud, 2012; Ministerio de Salud, 2008; Sigral S.A., 2012; Sigral S.A., 2013.

El consumo de concreto de las prelosas versus las losas nervadas, se tiene consumos menores entre el 8%. Entre la losa aligerada versus la losa con viguetas prefabricadas, tenemos consumos menores entre el 22% de concreto.

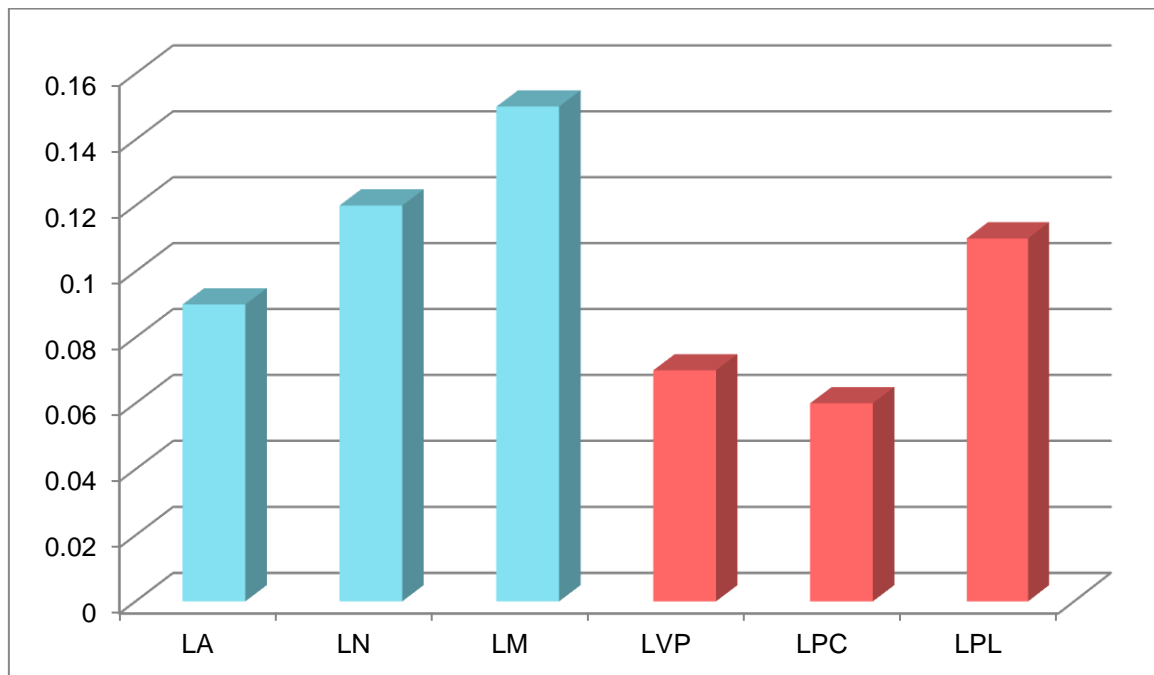
Por el rendimiento de mano de obra

Con ayuda de las fichas técnicas y con datos que se obtuvieron de las experiencias de juicio de expertos, se ha obtenido los rendimientos de la cuadrilla básica para cada sistema propuesto.

Tabla 5 Comparativo de los rendimientos promedio diario de mano de obra para ambos sistemas

Sistemas convencionales			Sistemas prefabricados		
Losa aligerada (LA)	Losa nervadas (LN)	Losa maciza (LM)	Losas con viguetas prefabricadas (LVP)	Losa con placa colaborante (LPC)	Losas con prelosas (LPL)
25 m ² /día	15 m ² /día	40 m ² /día	110 m ² /día	150 m ² /día	250 m ² /día

Fuente: Elaboración propia en base a Acero Deck, 2009; Entrepisos Lima, 2013; Firth, 2010

Gráfico 5 Diagrama de rendimientos de mano de obra

Fuente: Elaboración propia en base a Acero Deck, 2009; Entrepisos Lima, 2013; Firth, 2010

Del Gráfico 5 concluimos que con el sistema prefabricado podemos lograr ahorro entre el 63% al 84% del tiempo.

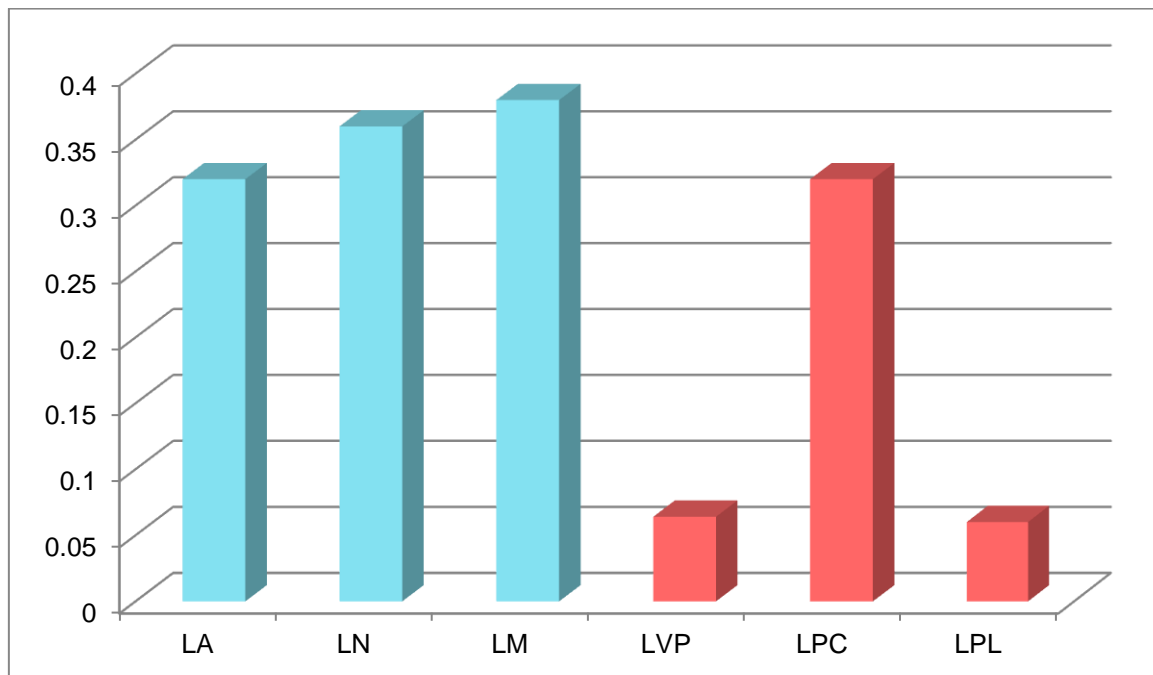
Por el consumo de encofrado

De las recomendaciones de los fabricantes, se ha realizado el cálculo de la cantidad de encofrado necesario para el montaje de cada una de las alternativas en prefabricados (viguetas, losa colaborante y prelosa) por cada metro cuadrado de losa. Esto permitirá conocer con cuál de los sistemas genera ahorros con la utilización de encofrados, ya sean en madera o metálicos.

Tabla 6 Comparativo del consumo de encofrado por m² de losa

Sistemas convencionales			Sistemas prefabricados		
Losa aligerada (LA)	Losa nervadas (LN)	Losa maciza (LM)	Losas con viguetas prefabricadas (LVP)	Losa con placa colaborante (LPC)	Losas con prelosas (LPL)
0.320 m ² /m ²	0.360 m ² /m ²	0.380 m ² /m ²	0.064 m ² /m ²	0.032 m ² /m ²	0.060 m ² /m ²

Fuente: Elaboración propia en base a Acero Deck, 2009; Entrepisos Lima, 2013; Firth, 2010

Gráfico 6 Diagrama del consumo de encofrado en las losas

Fuente: Elaboración propia en base a Acero Deck, 2009; Entrepisos Lima, 2013; Firth, 2010

Del Gráfico 6 podemos concluir que se puede reducir la cantidad de uso de encofrado del sistema tradicional logrando ahorros de entre 80% a 84% de consumo de encofrado con el sistema prefabricado.

Evaluación económica

Para esta evaluación, el único factor importante será determinar cuál de las tres alternativas es la más económica para ser utilizada. Se entiende que como la alternativa del menor costo no necesariamente será la más adecuada, se debe tener en consideración las anteriores evaluaciones.

Por los costos unitarios

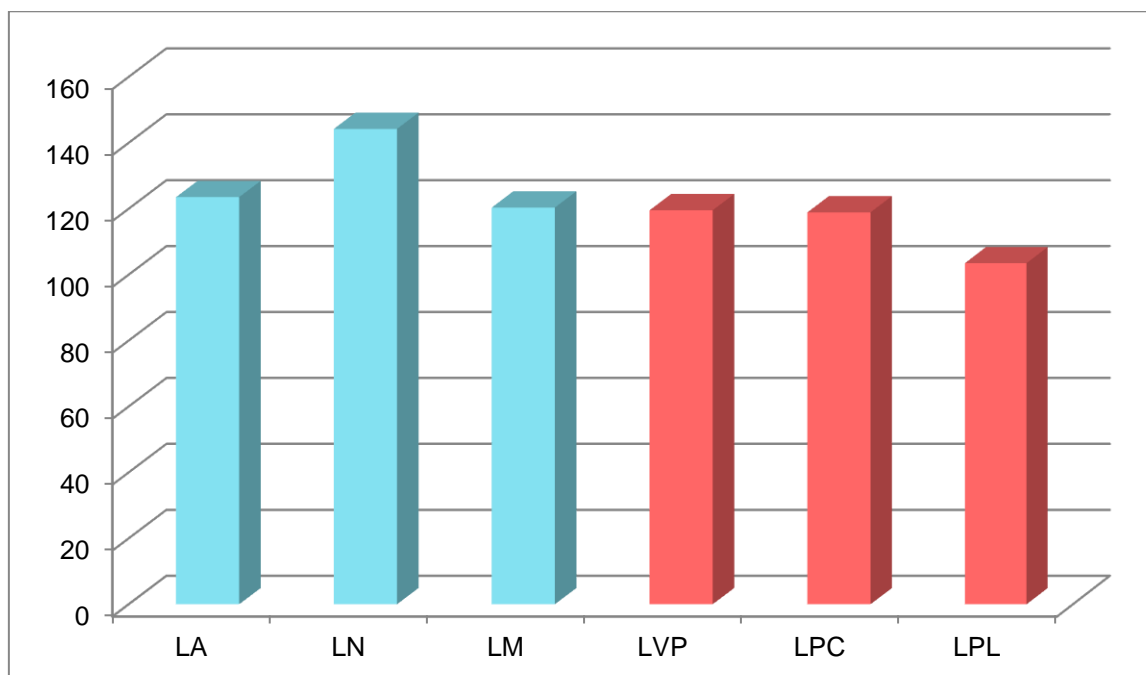
Se han generado costos unitarios de cada una de las alternativas y se han obtenido ratios por metro cuadrado de los costos para cada sistema con el fin de comparar entre cada sistema el que resulte más económico. Se ha considerado lo indicado en la fichas de cada fabricante referente al montaje y utilización de cada producto.

Tabla 7 Comparativo del costo por m² por tipo de losa en base a los expedientes técnicos usados para la ejecución de las obras estudiadas en este artículo

Sistemas convencionales			Sistemas prefabricados		
Losa aligerada (LA)	Losa nervadas (LN)	Losa maciza (LM)	Losas con viguetas prefabricadas (LVP)	Losa con placa colaborante (LPC)	Losas con prelosas (LPL)
S/. 123.51/m ²	S/. 144.21/m ²	S/. 120.35/m ²	S/. 119.52/m ²	S/. 118.89/m ²	S/. 103.45/m ²

Fuente: Elaboración propia en base a (EsSalud, 2011; Gobierno Regional de Junín, 2012; Ministerio de Salud, 2012; Ministerio de Salud, 2008; Sigral S.A., 2012; Sigral S.A., 2013).

Gráfico 7 Diagrama del costo por m² de cada losa de entrepiso



Fuente: Elaboración propia en base a EsSalud, 2011; Gobierno Regional de Junín, 2012; Ministerio de Salud, 2012; Ministerio de Salud, 2008; Sigral S.A., 2012; Sigral S.A., 2013.

Del Gráfico 7, si comparamos la losa aligerada con la losa con viguetas prefabricadas estaríamos generando un ahorro del 5%. Comparando entre la losa maciza y la pre-losa tendremos un ahorro del 15%. Comparando entre la losa nervada y la losa colaborante tenemos un ahorro del 17%. Entonces, podemos decir que podemos obtener una disminución económica de hasta un 15% aproximadamente.

Alternativa sobre el tiempo de ejecución

Una de las evaluaciones más importantes a realizar es la evaluación del tiempo de ejecución de cada sistema. Esto será determinante ya que con un menor tiempo de ejecución se puede lograr grandes beneficios económicos en la construcción (Firth, 2010; Alitec, 2012).

Consecuentemente, con un gran ahorro de tiempo de ejecución se puede lograr ahorros económicos, los cuales se derivan de aquellos gastos directamente relacionados con el tiempo como son los gastos generales variables, además de gastos operativos.

De las tablas anteriores, deducimos que el sistema de prelosas tiene mayor rendimiento y menor costo por metro cuadrado. Las otras dos alternativas aún tienen ventajas en cuanto a los sistemas tradicionales por lo que es posible lograr ciertos beneficios con su utilización en las construcciones. Es preciso indicar que para el sistema de prefabricación es necesaria la implementación de equipos de izaje para el montaje de estos prefabricados.

Propuesta de alternativa de solución por tipo de losa

Se procede a dar una ponderación de menor a mayor incidencia de acuerdo a los beneficios que traerían cada uno de los sistemas, clasificándolo a más favorable la que ofrece menor costo y tiempo de ejecución. Además, esto nos ayuda a reducir la cantidad de recursos a utilizar y ofrecer mejores condiciones durante el proceso constructivo. En esta clasificación se obtiene la de mayor puntaje y consecuentemente sería la más óptima; algunos ejemplos de factores del que dependerá la elección del tipo de losa serían sobrecarga que recibirá la losa, luz libre entre apoyos, acústica, esfuerzos internos, etc.

Tabla 8 Comparativo ponderado para la elección de la mejor propuesta de losa prefabricada

Tipo de losa	Losa aligerada	Losa nervada	Losa maciza	Losa con viguetas prefabricadas	Losa con placa colaborante	Losa con prelosa
Evaluación						
Optimiza el proceso constructivo	2	3	6	8	10	10
Costo del sistema de losas	3	2	3	5	4	10
Tiempo de ejecución	3	1	6	8	8	10
Menor uso de los recursos	3	2	3	6	7	6
Resultado total	11	8	18	27	29	36

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, un ponderado de 1 a 5 se considera menor incidencia y 6 a 10 mayor incidencia. Como se puede apreciar, la prelosa es la que tiene mayor puntaje según los parámetros de comparación obtenidos.

Con las aplicaciones representativas mostradas, queda patente que las soluciones más significativas pueden ser las losas con prelosas como mejor opción, teniendo como alternativas también las losas con placa colaborante y las losas con vigas prefabricadas.

Optar por alguna de estas alternativas mencionadas es una meta en cuya implementación deben estar implicados todos los agentes participantes, proyectistas, constructores, empresas industrializadas y usuario final.

Para tener un mejor panorama y determinar la factibilidad económica, podemos apreciar los cuadros comparativos de la diferencia en cada sistema tradicional con el sistema de prelosa según la tabla mostrada a continuación donde vamos a presentar las brechas que existen con cada sistema (Graña y Montero, 2008).

Tabla 9 Factibilidad económica de la prelosa en comparación con la losa aligerada

Descripción	Losa aligerada	Prelosa	Brecha	% Brecha
	(a)	(b)	(c) = (a) – (b)	(d) = (c)/(a)
	S/.	S/.	S/.	%
Concreto f'c 210 kg/cm ²	25.56	30.34	(4.78)	-19%
Encofrado y desencofrado	52.31	7.31	45.00	86%
Acero fy 4200 kg/cm ²	27.65	24.46	3.19	12%
Unidades de ladrillo 30 x 30 x 15	17.99		17.99	100%
Suministro e instalación de prelosa		41.34	(41.34)	
Totales S/.	123.51	103.45	20.06	16%

Fuente: Elaboración propia en base a Graña y Montero, 2008

Tabla 10 Factibilidad económica de la prelosa en comparación con la losa maciza

Descripción	Losa maciza	Prelosa	Brecha	% Brecha
	(a)	(b)	(c) = (a) – (b)	(d) = (c)/(a)
	S/.	S/.	S/.	%
Concreto f'c 210 kg/cm ²	41.96	30.34	11.62	28%
Encofrado y desencofrado	43.66	7.31	36.35	83%
Acero fy 4200 kg/cm ²	34.73	24.46	10.27	30%
Unidades de ladrillo 30 x 30 x 15				
Suministro e instalación de prelosa		41.34	(41.34)	
Totales S/.	120.35	103.45	16.90	14%

Fuente: Elaboración propia en base a Graña y Montero, 2008

Tabla 11 Factibilidad económica de la prelosa en comparación con una losa nervada

Descripción	Losa maciza	Prelosa	Brecha	% Brecha
	(a)	(b)	(c) = (a) – (b)	(d) = (c)/(a)
	S/.	S/.	S/.	%
Concreto f'c 210 kg/cm ²	32.74	30.34	2.40	7%
Encofrado y desencofrado	65.39	7.31	58.08	89%
Acero fy 4200 kg/cm ²	32.58		8.12	25%

Unidades de ladrillo 30 x 30 x 15	13.5		13.50	100%
Suministro e instalación de prelosa		41.34	(41.34)	
Totales S/.	120.35		40.76	28%

Fuente: Elaboración propia en base a Graña y Montero, 2008

Consideraciones necesarias para la utilización de las prelosas

Es importante indicar que sería ideal considerar la utilización de las prelosas desde el diseño inicial, es decir desde la concepción del proyecto. G&M (Graña y Montero) sugiere tener en cuenta algunas consideraciones para la utilización de las prelosas (2008).

Tiempo para realizar los cambios en ingeniería

- Tiempo estimado para cambiar el proyecto original a prelosas (tres semanas) dependiendo de la magnitud del proyecto.
- Tiempo necesario para rediseñar el proyecto completo por la disminución de carga al usar poliestireno (de uno a dos meses, apropiado para edificios con excavaciones profundas).

Aprobación de la gerencia de proyectos

- Convencer a la gerencia de proyectos de las ventajas de las prelosas.
- Predisposición de la gerencia de proyectos a cambios en el proceso constructivo.
- El sistema es apropiado para proyectos tipo EPC (engineering, procurement and construction, por sus siglas en inglés) y proyectos propios de cada empresa constructora.

Aprobación del proyectista de estructuras

- Predisposición del proyectista de estructuras para aprobar el sistema prefabricado y rediseñar por completo el edificio.

Configuración repetitiva en los entrepisos

- Se debe sectorizar los paños de manera que sean repetitivos verticalmente en cada piso.
- En planta, los paños pueden tener formas irregulares, pero deben ser repetitivos verticalmente en cada piso.
- Conviene sectorizar paños grandes (hasta de 3 ton, equivalente a paños de 2.5m x 9.6m en nuestro caso).

Sistema versátil y flexible (prelosa)

- Las prelosas ofrecen un sistema versátil y se pueden usar en losas aligeradas de uno y dos sentidos, así como en losas macizas.

Conclusiones

1. Es posible reducir el costo (15%) y tiempo (64% a 83%) en las losas de entrepiso utilizando elementos prefabricados respecto a los sistemas tradicionales. La reducción de tiempo también nos demandara menores gastos generales.
2. Los sistemas prefabricados propuestos utilizan menos recursos en obra que los convencionales y aumentan el porcentaje de trabajo productivo.
3. El sistema de placas colaborantes permite un mayor rendimiento en la construcción de las losas de entrepiso. Este sistema es ideal cuando se maneja una gran área para techar. Las placas colaborantes evitan el uso de los encofrados, al cual debe considerarse el uso del falso cielo raso en algunos ambientes como aulas, oficinas y otros.
4. Las prelosas son una de las mejores soluciones para la construcción de entre pisos con el proceso constructivo de prelosas macizas y ligeras. Al ser un sistema prefabricado, ofrece mayor velocidad de ejecución en los procesos constructivos y un ahorro considerable de 15% frente a otros sistemas convencionales. La prelosa como elemento prefabricado trabaja como encofrado convencional de techo, colocándose de forma modulada sobre un sistema simple de apuntalamiento y cuyos extremos descansan sobre los encofrados de las vigas del paño. Tienen un acabado cara vista, con lo cual no requieren tarrajeo de cielo raso ni colocación de falso cielo raso, pudiendo quedar como acabado cara vista en ambientes como estacionamientos, sótanos u otros.
5. El poliestireno como material aligerante de las losas de entrepiso proporciona una disminución del peso del elemento aligerante en un 99% respecto al ladrillo de arcilla tradicional, lo que origina que el peso propio de la losa disminuya en un 40% con respecto a las losas aligeradas de ladrillos de arcilla. Además, es un material que puede ser trabajado con las herramientas habituales en la obra, lo que garantiza ajustes perfectos. Por otro lado, su bajo peso permite la facilidad de transporte y grandes economías en la instalación, sea cual fuere el sistema constructivo utilizado.
6. Al momento de elegir un sistema de entrepiso debemos considerar aspectos como el comportamiento estructural, la facilidad de manejo, espacios de trabajo, el transporte de los elementos prefabricados, los acabados, la calidad del producto, la reducción del tiempo, la

mano de obra disponible, la cantidad de materiales a manejar en obra, la seguridad y los desperdicios de materiales, entendiéndose que el costo del sistema de entrepiso no siempre prima sobre los aspectos antes mencionados.

Recomendaciones

1. En el caso de proyectos de edificaciones orientadas a vivienda multifamiliar de varios pisos, se recomienda el uso del sistema de losas con viguetas pretensadas con bovedillas de poliestireno, puesto que las luces no son tan amplias y este sistema brinda un mayor aislamiento acústico y térmico, siendo además de fácil manipulación.
2. Para proyectos en los que el tiempo de entrega juega un papel preponderante sobre otros puntos a tener en cuenta, se recomienda el
3. uso de losas con placa colaborante o prelosas, ya que se logra un mayor rendimiento. Esto permite entregar la obra en un menor plazo y obtener diseños con grandes luces, utilizando el menor empleo de mano de obra.
4. Se debe de realizar un análisis técnico económico antes de tomar una decisión de adoptar un sistema prefabricado. Influyen factores como posición de instalaciones, alturas de entrepiso, luces, etc. Un análisis importante también será la ubicación de la obra por el costo del transporte de los elementos prefabricados. Esto puede afectar en mayor o menor proporción la aplicación de uno u otro sistema de prefabricación.
5. Actualmente en la industria de la construcción , tenemos una buena oportunidad para innovar y propiciar el uso de los nuevos sistemas de entrepiso para lograr una mayor calidad de la obra y así tener una reducción en los costos, frente a los métodos tradicionales.
6. En el sector inmobiliario, en los edificios de viviendas se recomienda utilizar las pre-losas para las losas de entrepisos en los sótanos que están destinados para estacionamientos. El nivel de acabado de la pre-losa es adecuado para sótanos y la aplicación de esta innovación podría generar ahorro al proyecto.
7. Es una buena oportunidad de negocio la fabricación de prelosas de entre pisos en la industria de la construcción, puesto que en nuestro país aún existen pocas empresas que abastecen esta demanda.

Referencias

- Acero Deck. (2009) *Manual Técnico Sistema Constructivo Placa Colaborante Acero-Deck*. Recuperado de http://www.acero-deck.com/pdf/MANUAL_ACERO_DECK_SENCICO.pdf.
- Alitec. (2012) *Manual de diseño Sistema ALITEC Sistema Constructivo sin Encofrado*. Lima: Alitec SRL.
- Entrepisos Lima. (2013) *Prelas de Concreto para Techos*. Recuperado de <http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/er/prefaprela/Ficha%20T%C3%A9cnica%20%20Prelas%20para%20techos%20Entrepisos%20Lima%20-%20UNICON.pdf>.
- EsSalud. (2011). [Expediente técnico de la construcción del nuevo hospital Tarapoto I]. Datos no publicados.
- Firth. (2010) *Manual de Diseño, Proceso Constructivo y de Detalles*. Recuperado de http://www.firth.com.pe/_pdf/firth%20manual%20viguetas.pdf.
- Gómez Jáuregui, V. (2008, octubre). Industrialización Vs. Prefabricación. *Periódico de la Construcción GREMIOS España*, 32-33.
- Ghio, V. & Bascuñan, R. (2006). Innovación tecnológica en la construcción ahora es cuando. *Revista Ingeniería de Construcción*, 21(3), 207-218.
- Ghio Castillo, V. (1998). *Guía para la innovación tecnológica en la construcción* (2da ed.). Santiago de Chile; Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Gobierno Regional de Junín. (2012). [Expediente técnico de la construcción y equipamiento del Hospital II-1 La Merced - Chanchamayo, Distrito de Chanchamayo, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín]. Datos no publicados.
- Graña y Montero. (2008). [Losas prefabricadas de concreto armado con poliestireno expandido en edificaciones]. Datos no publicados.
- Ministerio de Salud. (2008). [Expediente técnico del nuevo hospital regional de alta complejidad de La Libertad, Trujillo]. Datos no publicados.
- Paye Anco, A. A., Peña Castillo, J. A. & Franco Sánchez, J. L. (2014). Propuesta para la Utilización de Losas de Entrepisos Prefabricados y su Evaluación Costo-Tiempo. *Sinergia e Innovación*, 2(2), 1-29.

Ministerio de Salud. (2012). [Expediente técnico del nuevo hospital de emergencias, Villa El Salvador]. Datos no publicados.

Penades Martí, J. (2002). Construcción Industrializada de Edificios. *Informes de Construcción*, 53(478) 1-30. doi:10.3989/ic.2002.v53.i478.625.

Sigral S.A. (2012). [Expediente técnico de Plaza Vea Chorrillos]. Datos no publicados.

Sigral S.A. (2013). [Expediente técnico de Plaza Vea Paita]. Datos no publicados.