

EVALUACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN EN PROYECTOS DE VIVIENDA

Pablo Orihuela¹ y Jorge Orihuela²

RESUMEN

Es usual que la mayoría de los componentes que se emplean en la construcción se elaboren dentro de la obra, sin embargo una mejor alternativa es fabricar la mayor cantidad posible de estos componentes en talleres o fábricas, permitiendo así una mejora en la calidad y productividad.

Para que este proceso de industrialización se pueda realizar, es necesario que los componentes de los proyectos estén estandarizados y a su vez que las medidas usadas en estos componentes sean modulares.

Un problema es que no existe una definición clara del concepto, por lo que es necesario contar con una definición y una clasificación de sus niveles de aplicación (Lessing, et al., 2005).

El presente trabajo propone un procedimiento de evaluación del Grado de Modulación, del Grado de Estandarización y del Nivel de Industrialización para proyectos de vivienda, presentando además su aplicación en 3 casos.

ABSTRACT

It is usual that most of the components used for construction be made within the premises of the construction site, nevertheless, a better alternative is to make the biggest number of components at workshops or factories and thus achieving an improvement in quality and productivity.

It is necessary that the components of the project be standardized for this industrialization process to take place and likewise, that the measurements that are used for these components be modular.

A problem is that there is no clear definition of the concept, and therefore it is necessary to have a definition and classification of the application levels (Lessing, et al., 2005).

This paper suggests an evaluation proceeding of the Degree of Modulation, the Degree of Standardization and the Level of Industrialization for housing projects, and additionally presents the application of the three cases.

KEYWORDS

Design management, lean design, industrialization, standarization, modular coordination

¹ M.D.I, Associate Professor Pontificia Universidad Católica del Perú, Pumacahua 1361 Lima 11, Phone (51-1) 265-9354, Fax (51-1)471-8169, porihuela@motiva.com.pe

² Architec, Designer Motiva S.A., Pumacahua 1361- Lima 11, Phone (51-1265-9354, Fax (51-1)471-8169, jorihuela@motiva.com.pe

INTRODUCCIÓN

El concepto Lean, concebido dentro de la manufactura, se desarrolló dentro de un ambiente industrial; el Lean Construction toma luego estos conceptos, sin embargo para su adaptación y aplicación, generalmente tiene que comenzar desde un escalón inferior, dentro de un ambiente en el cual predomina la fabricación in situ, donde todavía se requiere de la aplicación del estudio del trabajo y de la incorporación de herramientas manuales y equipos livianos.

Un escalón superior se inicia, cuando la producción va dependiendo menos de la utilización masiva de mano de obra y cuando se empieza a dar preferencia a la fabricación de más componentes fuera del sitio de ensamblaje, sin embargo, para que este proceso se desarrolle, es importante que estos componentes sean modulares y estandarizados, de tal manera de obtener el beneficio de adquirirlos bajo condiciones industriales, lo que asegura una mayor calidad y una mejor productividad.

Este trabajo propone una metodología de evaluación cuantitativa del Grado de Modulación, del Grado de Estandarización y del Nivel de Industrialización de los proyectos de vivienda, la cual es susceptible a ser discutida y mejorada; creemos que su aplicación, servirá para contar con indicadores que nos permitan medir el grado de aplicación de estos conceptos en nuestros proyectos.

PERCEPCIÓN DEL GRADO DE ESTANDARIZACIÓN DE LA VIVIENDA

Para tener una primera idea general acerca de la percepción del grado de estandarización que actualmente se tiene en los proyectos de vivienda en la ciudad de Lima, se efectuó una encuesta genérica en la cual se pedía a los encuestados calificar el nivel de estandarización en proyectos de vivienda en los que hayan estado últimamente vinculados, para lo que se les formuló la siguiente pregunta: ¿A qué grado de estandarización percibe que ha llegado en los proyectos en los que ha trabajado últimamente?. Califique de 1 a 20.

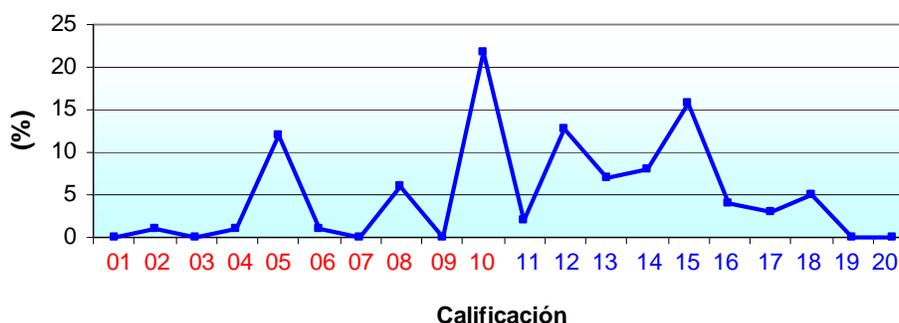


Figura 1: Percepción del grado de estandarización

La figura 1 muestra que la percepción entre los 101 encuestados es muy dispersa, esto nos indica que no hay un consenso en cuanto al grado de estandarización de los proyectos de vivienda.

Para analizar si la falta de consenso podía deberse a diferentes enfoques entre las profesiones, se filtraron las encuestas de los arquitectos y los ingenieros civiles, manteniéndose la dispersión; también se filtraron por el factor experiencia, ya que este podía marcar una diferencia en la percepción, para esto separamos las respuestas de los encuestados en aquellos de poca experiencia (con menos de 2 años) y aquellos que poseen una gran experiencia (mayores a 10 años), la dispersión seguía igual.

Podemos concluir, de la muestra de 101 encuestados, que existe una dispersión muy grande en cuanto a la percepción del grado de estandarización en los proyectos de vivienda; en posteriores entrevistas personales al respecto, pudimos darnos cuenta que una de las razones por las cuales se da esta dispersión es que no existen parámetros claros de cómo hacer esta calificación, siendo muy frecuente la confusión de los conceptos de modulación, estandarización e industrialización.

Por tal motivo, en este artículo analizaremos tres conceptos que se encuentran muy relacionados entre sí, pero que es necesario evaluar en forma independiente, estos conceptos son: El grado de **Modulación**, el grado de **Estandarización** y el nivel de **Industrialización**.

DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

MODULACIÓN

La Coordinación Modular, es la técnica dimensional que permite la interrelación racional de todos los componentes que intervienen en el proceso de la edificación, mediante la utilización de un reticulado tridimensional modular de referencia (Normas ITINTEC, 1979).

Módulo Básico (MB)

Es el módulo fundamental cuyo valor se fija para coordinar las dimensiones de los componentes con la máxima flexibilidad y conveniencia. Hay dos módulos básicos normalizados: del Comité de Normas Británicas cuya medida estándar es de 4" y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas cuya medida estándar es 10 cm.

Módulo para el diseño de Componentes (MC)

Es la distancia igual a un módulo o a un múltiplo o submúltiplo entero del módulo usado para diseñar un componente.

Módulo para el diseño de Unidades (MU)

Son las distancias que permiten contener debidamente a los componentes modulares

Las normas peruanas de estandarización recomiendan algunas medidas modulares preferentes, respecto al diseño y construcción de viviendas:

Tabla 1: Medidas modulares preferentes en la vivienda peruana

AMBIENTES Y CONJUNTOS	EN PLANTA	EN ALTURA
Baños	0.5 MB	23, 24 MB
Cocinas	0.5 MB	23, 24 MB
Sala Comedor	0.5 MB	23, 24 MB
Dormitorios	0.5 MB	23, 24 MB
Escaleras	0.5 MB	-----
Puertas	6, 8, 10 MB	21, 24 MB
Ventanas	0.5 MB	2, 3 MB
Closets	0.5 MB	0.5 MB
Repostero bajo	0.5 MB, 6 MB	9 MB
Repostero alto	3 MB	13 MB a 21MB

ESTANDARIZACIÓN

La estandarización en la vivienda, consiste en elaborar productos y procesos con características similares, para fabricar modelos repetidos que cumplan una misma función, con el fin de simplificar y reducir el costo de la producción de componentes de la construcción, los cuales podrían ser fabricados industrialmente. Este proceso se facilita y se hace posible si previamente usamos la modulación

INDUSTRIALIZACIÓN

La Industrialización, es la utilización de tecnología que sustituye la habilidad del artesano por el uso de una máquina. La esencia y la base de la industrialización es producir un objeto con reducida mano de obra artesanal, con máquinas utilizadas por obreros especializados, o con máquinas automáticas (Ghio, 1997).

Las Naciones Unidas definen la industrialización como: “Una continuidad de producción, entrañando un movimiento permanente de demanda, normalización, integración de las diferentes fases del proceso de producción entero, un alto grado de organización del trabajo, mecanización para reemplazar el trabajo manual dondequiera que sea posible, investigación y experimentación integradas con la producción” (Samuel,1990).

El objetivo de la industrialización en la construcción es la reducción de las actividades sobre el terreno (Koskela, 2003).

PROPUESTA DE EVALUACIÓN PARA PROYECTOS DE VIVIENDA

Se propone un procedimiento simple y lógico a través del cual es posible hacer una evaluación cuantitativa del diseño y la construcción de cualquier proyecto de vivienda.

EVALUACIÓN DEL GRADO DE MODULACIÓN

Para evaluar el grado de modulación del diseño, proponemos el siguiente procedimiento: Registrar una a una, las diversas medidas de los principales ambientes y conjuntos de los planos del proyecto, luego contabilizar aquellas medidas que son modulares de acuerdo a los múltiplos o submúltiplos de Módulo Estándar.

Para cuantificar el grado de modulación, dividimos la cantidad de medidas modulares entre la cantidad total de medidas registradas, esto nos dará el Porcentaje de Modulación por cada ambiente o componente. El Grado de Modulación de Dimensiones del Diseño será el promedio de estos porcentajes.

Este mismo procedimiento puede ser efectuado tomando las medidas sobre la obra, una vez que el proyecto haya sido construido, de esta forma podremos calcular el Grado de Modulación de Dimensiones en la Construcción y comparar los grados de modulación entre las etapas de diseño y construcción.

EVALUACIÓN DEL GRADO DE ESTANDARIZACION

Para medir el grado de estandarización del diseño, proponemos el siguiente proceso: registrar el número de unidades totales, registrar el número de tipos diferentes de cada unidad y registrar la cantidad de cada tipo ordenándolos de mayor a menor. Para obtener el porcentaje de estandarización, calcular el porcentaje de cada tipo y luego sumarlos dividiendo el primero por 1 el segundo por 10 y así sucesivamente, tal como lo precisa la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Estandarización} = \frac{\%T_1}{1} + \frac{\%T_2}{10} + \dots + \frac{\%T_n}{10^{n-1}} \quad (\text{EC. 01})$$

El Grado de Estandarización del Diseño será el promedio de los porcentajes de cada ambiente o componente. Al igual que en la modulación, este mismo procedimiento puede ser repetido haciendo las mediciones sobre la obra.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN

Ghio (1997) refiere diferentes etapas de innovación tecnológica en la construcción, desde la construcción in situ hasta la construcción ampliamente industrializada:

Construcción In Situ Tradicional: Se caracteriza por la utilización predominante del uso de mano de obra en su forma más artesanal.

Construcción In Situ Optimizada: Se caracteriza por presentar una mejora mediante el enfoque de reducción de pérdidas en los procesos, mediante la optimización del diseño, planificación y control de los procesos de transformación, flujo y valor.

Construcción In Situ Tecnicada: Se caracteriza porque adicionalmente incorpora el uso de herramientas livianas, equipos especiales y materiales innovadores.

Construcción Parcialmente Prefabricada In Situ: Se caracteriza por la prefabricación de ciertos elementos al pie de obra, lo cual no implican grandes inversiones de capital.

Construcción Parcialmente Prefabricada en Fábrica: Se caracteriza por la elaboración de componentes en una fábrica, los cuales después son transportados al sitio para ser incorporadas a la obra.

Construcción Ampliamente Industrializada: Se caracteriza por limitar la mano de obra en el terreno, confiando a la fábrica una mayor parte de elementos producidos con técnicas tecnológicamente industrializadas.

El procedimiento propuesto para la calificación, es aplicar una escala exponencial, usando los valores de 0, 1, 4, 9, 16 y 25 respectivamente para cada una de los estados arriba expuestos, pudiendo usar valores intermedios. El valor de la escala asignada al ambiente o componente en evaluación dividida entre la máxima obtenible (25), nos dará una idea del nivel de industrialización, expresado en porcentaje. El nivel de industrialización del proyecto será el promedio de sus ambientes y componentes.

El formato de evaluación para estos 3 conceptos sería como sigue:

Tabla 2: Formato para la evaluación de modulación, estandarización e industrialización

UNIDADES INMOBILIARIAS	DISEÑO / CONSTRUCCION								CONSTRUCCION								
	MODULACIÓN				ESTANDARIZACIÓN				INDUSTRIALIZACIÓN								
	N° Medidas	N° Medidas Modulares	% de Modulación	Calificación	N° Unidades Totales	N° Tipos	Cantidad de cada tipo	% de Estandarización	Calificación	Construcción In Situ Tradicional	Construcción In Situ Optimizada	Construcción In Situ Tecnicada	Construcción Parcialmente Prefabricada In Situ	Construcción Parcialmente Prefabricada en Fábrica	Construcción Ampliamente Industrializada	% de Industrialización	Calificación
										0	1	4	9	16	25		
AMBIENTES	Baños	12	10	83%		60	3	20,20,20	37%	0							0%
	Cocinas																
	Sala Comedor																
	Dormitorios																
COMPONENTES	Puertas																
	Ventanas																
	Closets																
	Reposterías																
	Baterías de desagüe																

En la primera línea de este formato se ha puesto un ejemplo para la evaluación de baños, para este ejercicio se ha supuesto que el proyecto contempla 20 departamentos, con 2 tipos diferentes de departamentos, cada departamento con 3 tipos de baños.

Para la Evaluación del Grado de Modulación de baños, en la celda “N° de Medidas” registramos: 12 (los 6 largos y los 6 anchos de los 3 baños), en la celda “N° de Medidas Modulares” registramos las medidas acotadas en los planos que coinciden con los múltiplos o submúltiplos del módulo básico, supongamos que sean 10; entonces el porcentaje de modulación sería: $10/12 * 100 = 83\%$. El Grado de Modulación del proyecto será el promedio de todos los porcentajes de sus ambientes y componentes.

Para la Evaluación del grado de Estandarización de baños, en la celda “N° de Unidades Totales” registramos: 60, que es la cantidad total de baños (3 baños por cada uno de los 20 departamentos), en la celda “N° de Tipos” registramos: 3 (3 tipos de baños), en la celda “Cantidad por tipo” registramos: 20,20,20 (20 baños de cada tipo); entonces el porcentaje de modulación sería: $(20/60) \times 100/1 + (20/60) \times 100/10 + (20/60) \times 100/100 = 37\%$

Para la Evaluación del Nivel de Industrialización, asignamos la escala respectiva, por ejemplo si toda la unidad de baño se hace en forma manual, es decir se acoplan y se pegan las tuberías de agua y desagüe, se coloca el revestimiento cortándolo a la medida, etc., la escala será 0, por el contrario si por ejemplo se usan módulos totalmente prefabricados comprados en fábrica, la escala será de 25.

EVALUACIÓN DE 3 CASOS

Aquí se presenta la aplicación de este procedimiento de evaluación para 3 casos diferentes:



Figura 2: Edificaciones de vivienda evaluadas

Caso 1. Multifamiliar de 14 Dptos. Sistema Estructural Mixto

Este es un pequeño edificio Multifamiliar de 14 departamentos, el cual se ha construido sobre un terreno de 10 m. de frente por 45 m. de fondo (450 m²). El área techada total es de 1,350 m², los departamentos tienen un área aproximada entre 77m² y 80 m², constan de sala comedor, estar, cocina, lavandería, dos dormitorios, un baño principal y otro de servicio.

El sistema constructivo utilizado en el bloque delantero de este proyecto es de una estructura Aporticada, con estacionamientos en el primer nivel y tabiquería de ladrillo en los pisos superiores. En el bloque posterior se usó albañilería confinada. En los techos de ambos bloques se usó losa maciza de concreto armado.

La evaluación fue la siguiente: Grado de Modulación: 75%, Grado de Estandarización: 40%, Nivel de Industrialización: 4%

Caso 2. Multifamiliar de 48 Dptos. Estructura de Albañilería Confinada

Este es un proyecto de 4 pisos, compuesto por 48 departamentos dúplex, sobre un terreno de 1,746 m² y con un área construida de 4,006 m². El sistema constructivo es de Albañilería Confinada.

La evaluación fue la siguiente: Grado de Modulación: 74%, Grado de Estandarización: 52%, Nivel de Industrialización: 7%

Caso 3. Conjunto Residencial de 1,512 Casas. Estructura de Concreto Vaciadas en Sitio.

Este proyecto está compuesto por 1,512 módulos básicos, de 1 piso, sobre un terreno de 490,120 m², con un área techada de 33,717 m². El lote de terreno de cada casa es de 6 m de frente por 12 de fondo con un área techada de 22.30 m². El sistema constructivo empleado es de muros y losas macizas de concreto armado, con algunos tabiques de ladrillo que pueden ser removidos para futuras ampliaciones.

La evaluación fue la siguiente: Grado de Modulación: 77%, Grado de Estandarización: 72%, Nivel de Industrialización: 6%

La figura 3 muestra el resumen de la evaluación de tres casos totalmente diferentes en área, en tipo estructural y en diseño, sin embargo aún cuando los grados de modulación y estandarización son aceptables, el nivel de industrialización para los tres casos es muy bajo.

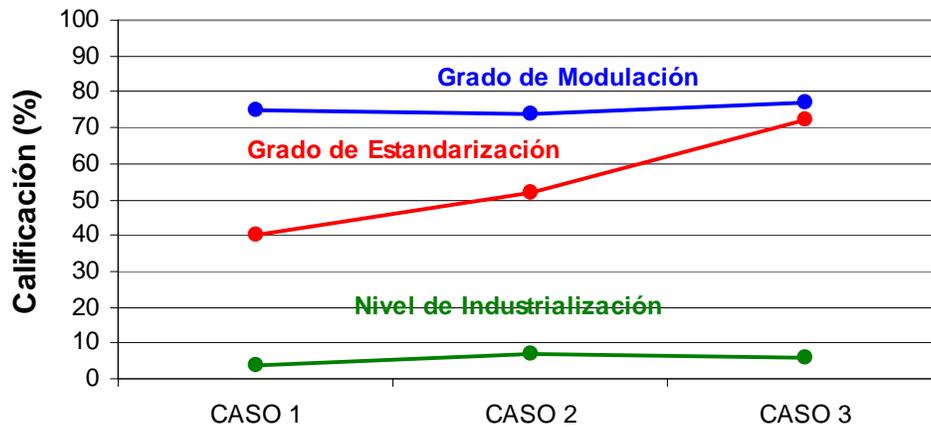


Figura 3: Evaluación de los conceptos para los tres casos

Evaluación de la Modulación y la Estandarización en Obra

Las evaluaciones de Modulación y la Estandarización anteriores, han sido hechas tomando las medidas de los planos; con la finalidad de hacer estas evaluaciones en la obra, para el Caso 2 se realizó un trabajo de campo consistente en la medición de cada una de las 4 dimensiones de los vanos reales en obra, y luego se les comparó contra sus dimensiones modulares especificadas en los planos. Estas mediciones se efectuaron para cada tipo de vano y en cada uno de los departamentos, llegando a realizarse un total de 1,464 mediciones. La figura 4 muestra los resultados:

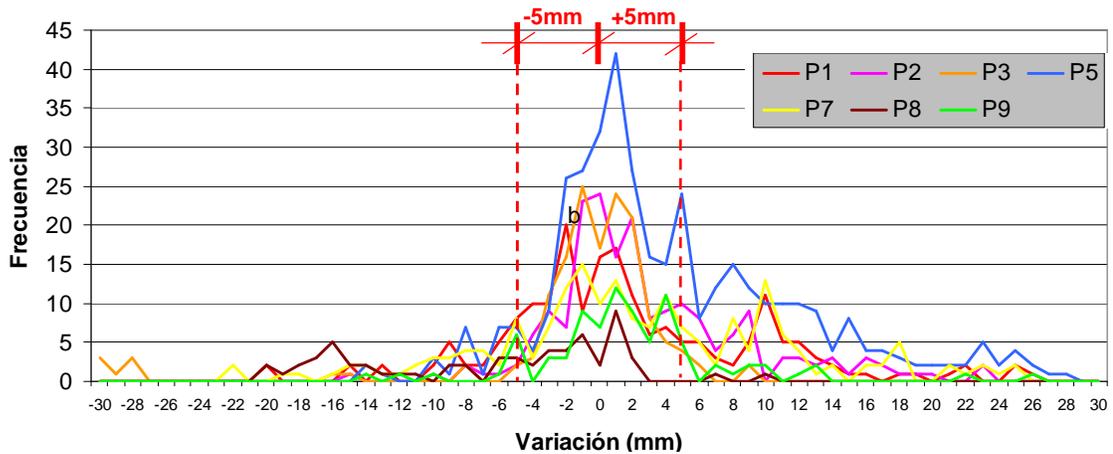


Figura 4: Variación dimensional de los vanos para puertas

Asumiendo que se podría aceptar una tolerancia de ± 5 mm. de las medidas modulares, podemos ver que de las 1,464 medidas tomadas en el campo solo 109 entraban dentro de este rango de variación, por lo que el porcentaje de modulación que en planos originalmente era del 28% bajó drásticamente al 8% .

Igualmente el Grado de Estandarización que a nivel de diseño era 29% bajó drásticamente a 2%

CONCLUSIONES

Las encuestas de percepción sobre el grado de estandarización de los proyectos de vivienda en nuestro país, muestran una gran dispersión haciéndonos ver que no existe un consenso. Una de las razones es la falta de claridad en los conceptos de Modulación, Estandarización e Industrialización, por lo tanto es necesario clarificar estos conceptos y contar con un índice común de medición.

Aún cuando los planos de un proyecto puedan tener un buen grado de modulación y estandarización, estos disminuyen drásticamente en la etapa de construcción, debido a una serie de barreras entre el diseño y la construcción que hacen difícil lograr la exactitud de las medidas especificadas en los planos, impidiendo así el beneficio de la industrialización. Esto se comprueba en los casos evaluados, en donde podemos ver que sus niveles de industrialización, aplicando el procedimiento propuesto, dan como resultado porcentajes bajos.

Este proceso de evaluación, que puede ser discutido y mejorado, podría ser usado para calificar e incentivar las propuestas dirigidas a modular, estandarizar e industrializar proyectos de viviendas, así mismo serviría para promover el uso de medidas modulares entre los proyectistas, constructores, fabricantes y proveedores.

Si bien esta propuesta se enfoca en el diseño arquitectónico, se podría extender también a ciertos aspectos del diseño estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BJÖRNFOT, A., STEHN, L. “Industrialization of Construction - A Lean Modular Approach”. **In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12**, 2004, Copenhagen.

GHIO, Virgilio. **Guía para la innovación tecnológica en la construcción**. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 1997.

ITINTEC. **Coordinación modular**. Lima, 1977.

ITINTEC. **“Medidas modulares para la industria de la construcción”**, 2da Edición.. Secretaría General. Lima

ITINTEC. **Medidas modulares preferidas en el Perú. Proyecto 3207**, Lima, Dirección de Tecnología., 1977.

LESSING, J., SETHN, L., EKHOLM A. “Industrialized Housing: Definition and Categorization of the concept”. **In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13**, 2005, Sydney.

NORMAS ITINTEC. N° 400.003, 400.004, 400.005, 400.006, 400.007, 400.008, 400.009, 400.025, 400.026, 400.027, 400.028, 400.029, 400.030, 400.0231, 400.032. Lima. 1977.

ORIHUELA, Pablo. **“Barreras que impiden la estandarización en la vivienda residencial con énfasis en la vivienda social”**, Programa BID/CAN, Lima, 2005

SAMUEL, Rolando. **Industrialización en las edificaciones para vivienda**. La Habana, 1990.

URRESTA, Luis y Otros. **La Coordinación modular su aplicación en la construcción**. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 19p, Quito, 1973