NACIONES UNIDAS

COMISIÓN ECONÓMICA
PARA AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE – CEPAL

Distr.
LIMITADA

LC/L.982
28 de agosto de 1996

ORIGINAL: ESPAÑOL

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE: VIVIENDA PARA TODOS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA*

* Este documento fue preparado en el marco del proyecto "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe" (HOL/93/S83), adscrito a la Unidad Conjunta CEPAL/CNUAH de Asentamientos Humanos de la División de Medio Ambiente y Desarrollo.

96-8-739

ÍNDICE

Página

RESUMEN 1

INTRODUCCIÓN 3

A. RESPECTO DE LA CALIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS 4
B. RESPECTO DE LA PRODUCTIVIDAD 7
C. CONCLUSIONES FINALES 11
D. CONTENIDO DEL DOCUMENTO 12

I. SITUACIÓN TECNOLÓGICA 13

A. EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 13
B. EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS 14

II. OBJETIVOS DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 15

A. CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD 15

1. Calidad versus productividad 17

B. CALIDAD 20

1. Definiciones de calidad de la vivienda 20
2. Estándar e instrumentos de regulación de la calidad de la construcción 25

C. PRODUCTIVIDAD 26

1. Cantidad 28
2. Costo 28
3. Tiempo 29

III. SISTEMAS Y HERRAMIENTAS PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 31

Página

A. EN LA GESTIÓN 32

1. Métodos y normas de aseguramiento de la calidad 33

B. EN LA PRODUCCIÓN 36

1. Industrialización 37

IV. ESCALONES DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS Y SU APLICACIÓN EN TRES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS 43

A. ESCALONES DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS 43

1. Diagrama de escalones en las innovaciones tecnológicas 43
2. Descripción de escalones 44
3. Caracterización de los escalones de innovación 45
4. Correlación entre niveles 48
5. Componentes estables, afines o variables 49

B. TRES EJEMPLOS DE ESCALONES DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS. 50

1. Albañilería 50
2. Carpintería 52
3. Hormigón 54
4. Potencialidades y desventajas relativas de los tres sistemas constructivos analizados 56

Notas 57

BIBLIOGRAFÍA 59

RECUADROS, CUADROS Y GRÁFICOS

Recuadro 1: Cuba: Implementación acrítica de tecnología 4
Recuadro 2: Anguila: Consecuencias del Huracán Luis 5
Recuadro 3: República Federal de Alemania: Ejemplo de innovaciones en materiales naturales reciclables 6
Recuadro 4: Francia y República Federal de Alemania: Incorporación del "costo global" en la vivienda 6
Recuadro 5: Estados Unidos de América: La computación en la construcción 7
Recuadro 6: Estados Unidos de América: Un ejemplo de estandarización voluntaria 8
Recuadro 7: Suecia: Consideraciones acerca de la estandarización 8
Recuadro 8: Chile: Calificación de la mano de obra 9

Página

Recuadro 9: Chile y otros países: Estudios sobre productividad de la mano de obra 9
Recuadro 10: Chile: Un caso de aplicación de incentivos para el acondicionamiento térmico auspiciado por el municipio 10
Recuadro 11: Chile: Discusión de dos alternativas de conducción tecnológica a través de la licitación 11
Recuadro 12: Tendencia errada de las innovaciones tecnológicas 18
Recuadro 13: Chile: Caso de la población Alberto Hurtado en Temuco 18
Recuadro 14: Chile: Barreras tecnológicas para implementar reglamentación térmica 19
Recuadro 15: Reino Unido: Ejemplo del sistema constructivo MIVAN 19
Recuadro 16: Reciclabilidad 23
Recuadro 17: Chile: Daños causados por el terremoto "cínico" de Antofagasta, 1995 25
Recuadro 18: Impacto de la productividad en el medio ambiente 27
Recuadro 19: Chile: Experiencia sobre organización de la demanda 29
Recuadro 20: Estados Unidos: Competencia en relación con tiempo de construcción 30
Recuadro 21: Evolución de los sistemas de gestión de aseguramiento de la calidad 32
Recuadro 22: Alemania: Aplicación de la norma ISO 9002 33
Recuadro 23: Francia: Ejemplo de incorporación de la computación en la fabricación de elementos de hormigón armado 37
Recuadro 24: Japón: Evolución tecnológica en la construcción 38
Recuadro 25: Francia: Paradigma de la industrialización en la construcción 39

Cuadro 1: Definiciones de calidad 20
Cuadro 2: Regulaciones y condiciones de calidad 22
Cuadro 3: Chile: Evolución de la superficie promedio de viviendas nuevas 24
Cuadro 4: Escalones de tecnologías 44
Cuadro 5: Ejercicio de correlación de escalones de innovación 49
Cuadro 6: Escalones de innovaciones en albañilerías 52
Cuadro 7: Escalones de innovaciones en carpinterías 54
Cuadro 8: Escalones de innovaciones en hormigón 56
Cuadro 9: Tabla de comparación básica estimada, entre sistemas constructivos 56

Gráfico 1: Diagrama para la definición y evaluación de las innovaciones tecnológicas 16
Gráfico 2: Esquema del impacto de los sistemas productivos 27
Gráfico 3: Diagrama de aplicación de herramientas para la innovación 31
Gráfico 4: Esquema análisis de industrialización en la construcción 39
Gráfico 5: Diagrama de relaciones potenciales en un sistema constructivo 40

RESUMEN

En el marco del proyecto "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe", el presente documento plantea propuestas a los gobiernos de la región en el campo de las innovaciones tecnológicas, aplicables a los sistemas constructivos predominantes.

El enorme déficit global existente en América Latina y el Caribe —aproximadamente 54 millones de viviendas— tanto en términos cuantitativos —28 millones— como cualitativos —26 millones— pone de manifiesto que las políticas, estrategias y tecnologías puestas en marcha hasta ahora no han sido suficientes. Por el contrario, han sido y serán absolutamente insuficientes, toda vez que pocos países han logrado detener el incremento del déficit y, de seguir construyéndose al ritmo actual, sólo se podrá atender la cuarta parte de la necesidad cuantitativa de vivienda. Es necesario entonces incrementar prácticamente cuatro veces la producción de viviendas —sólo para dar cuenta del déficit cuantitativo— y nada hace presumir que se contará con el cuádruple de los recursos actualmente disponibles.

Esta situación plantea —más allá de hacer mayores esfuerzos por incrementar los recursos a invertir en el sector— enormes desafíos creativos e innovadores en el área tecnológica, lo que constituye una oportunidad inédita para el desarrollo de la construcción en América Latina y el Caribe.

En este marco, este documento propone parámetros, métodos, herramientas y ejemplos concretos que permiten diseñar, estudiar y evaluar tecnologías de construcción, en especial innovaciones, fundamentalmente desde la perspectiva de la calidad y productividad.

La evaluación desde dicha perspectiva permitirá promover y aplicar aquellas tecnologías que resulten ser las más favorables a los requerimientos particulares de cada país o localidad y de esta manera colaborar para superar el enorme déficit existente, modernizando e industrializando la construcción, para aportar al crecimiento con equidad y favorecer el acceso de todos a viviendas adecuadas.

INTRODUCCIÓN

A la luz de los análisis y aspectos metodológicos que se exponen en este documento y particularmente en atención a las tecnologías utilizadas en la construcción en los países desarrollados, puede apreciarse que son enormes las oportunidades para modificar, perfeccionar e innovar en los sistemas constructivos utilizados en América Latina y el Caribe.

La experiencia y los avances de los países desarrollados en materia de industrialización y gestión de la construcción, constituyen un camino seguro y que la mayoría de las veces ha sido probado, ante lo cual fundamentalmente hay que saber qué tomar y qué desechar.

A propósito de lo último es elocuente la evaluación que hoy hacen los actores técnicos y la autoridad política del sector de la vivienda de Cuba (véase el recuadro 1).

La globalización creciente del mundo, especialmente de las comunicaciones, que ofrece una oportunidad inédita de cooperación técnica, tanto horizontal como entre países con diversos grados de desarrollo tecnológico, requiere filtros que garanticen la racionalidad de la adopción de tecnologías por parte de los países de la región.

Estas oportunidades no pueden desaprovecharse a la vista de las necesidades regionales, no tan solo para intentar dar cuenta de los déficit actuales y evitar los futuros, sino porque en una globalización cada vez mayor de las economías es imprescindible fortalecer las tecnologías regionales y locales.

Los capítulos siguientes detallan las propuestas del proyecto, que se refieren al escalón de progreso tecnológico aplicable a los sistemas constructivos predominantemente en uso y a aquellas alternativas, ya sea importadas o desarrolladas localmente, que parezcan favorables a los objetivos de bajar los costos y aumentar la calidad.

La definición de la calidad consiste en establecer los estándares necesarios y adecuados a las particularidades de cada caso y localidad. En este caso el concepto de productividad se aplica para precisar y estudiar los requerimentos en cada caso y localidad de la relación entre cantidad, tiempo y costo de construcción.

Recuadro 1

CUBA: IMPLEMENTACIÓN ACRÍTICA DE TECNOLOGÍA

"A partir de los años sesenta, la principal importación en el campo tecnológico de la construcción fue la prefabricación a base de grandes paneles, llamada prefabricación pesada. Si bien gracias a esta tecnología se lograron grandes éxitos, entre los que se destaca la construcción de 403 000 viviendas, tan solo por el Ministerio de la Construcción, también hoy se le hacen reparos atribuibles a la importación y **aplicación acrítica de dicha tecnología**, entre los que destacan:

a) Alta dependencia externa en la producción de la vivienda.
b) Alta participación de la prefabricación en la producción dentro del total de viviendas terminadas, aun cuando existían otras tecnologías.
c) No existía una adecuada relación entre las necesidades locales y las respuestas centralizadas que se daban.
d) Casi no había uso de materiales locales o alternativos.
e) Los resultados arquitectónicos fueron, en general, rígidos y pobres.
f) Fue frecuentemente débil la relación existente entre el medio ambiente respecto a las respuestas arquitectónicas y urbanas estandarizadas y tipificadas que se proponían centralmente.
g) La estructura técnica creada se dirigió fundamentalmente hacia la producción de viviendas nuevas por la vía estatal quedando relegadas las técnicas y tecnologías dirigidas a la conservación del fondo y el apoyo a la población.
h) El modelo no era económicamente sustentable."

Fuente: Instituto Nacional de la Vivienda, "Cuba: hacia un nuevo modelo productivo de viviendas bajo un enfoque sustentable", documento presentado al Seminario Regional de Centroamérica y el Caribe "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda", La Habana, 1995.

Las propuestas, que se enmarcan en la necesidad de estudiar y definir en cada país los requerimientos de calidad y productividad regionales y locales, se expresan resumidamente a continuación:

A. RESPECTO DE LA CALIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS

1. Definir requisitos de seguridad, habitabilidad, durabilidad y eventualmente estética.

2. Incorporar, en la medida de lo posible, a los futuros usuarios en la definición y elaboración de los estándares.

3. Evaluar los beneficios a mediano y largo plazo que aporta el incremento de las exigencias en materia de estándares y planificar el mejoramiento progresivo de los mismos. En el recuadro 2 se ejemplifica con un caso real las razones que justifican el interés por hacerlo y normar consecuentemente.

Recuadro 2

ANGUILA: CONSECUENCIAS DEL HURACÁN LUIS

El 5 de septiembre de 1995 el huracán Luis azotó la isla de Anguila situada en el Caribe.

Se estimó que todas las viviendas experimentaron algún tipo de daños y que el 35% de las casas sufrieron daños tales como pérdida total o parcial de los tejados, pérdida total o parcial de la estructura de techos, ruptura de los cielos rasos conjuntamente con el aislamiento térmico y cableado eléctrico, ruptura de ventanas, daños a alféizares y umbrales, deterioro de la pintura de las paredes a causa del derrumbe del techo o por la lluvia, etc.

Las viviendas más deterioradas fueron las casas de propiedad de familias de menores ingresos, cuyos dueños utilizaron técnicas de construcción de calidad inferior o procedimientos deficientes de mantenimiento.

Fuente: CEPAL, Los efectos macroeconómicos y las necesidades de reconstrucción de la isla de Anguila después del Huracán Luis (LC/MEX/L.289; LC/CAR/L.462), México, D.F., Sede Subregional de la CEPAL en México, 26 de enero de 1996.

4. Estudiar, diseñar e implementar una reglamentación que en lugar de describir los requisitos de calidad establezca criterios para medir su cumplimiento.

5. Priorizar aquellos atributos cualitativos más relevantes, de acuerdo con las características y necesidades locales y culturales.

6. Promover la normalización de materiales y sistemas constructivos.

7. Considerar requisitos de reciclabilidad de los materiales y elementos de construcción. Como se ve en el recuadro 3, en los países más desarrollados ésta es una conducta tecnológica cada vez más frecuente.

8. Evaluar y considerar los impactos que tenga sobre el medio ambiente la aplicación de un determinado sistema constructivo.

9. Considerar aquellos sistemas constructivos que signifiquen menores costos operacionales y de mantención de las viviendas y promover los más eficientes. Ésta es otra conducta imitable, como se aprecia en el ejemplo que aparece en el recuadro 4.

10. Promover sistemas de calificación y certificación en la construcción habitacional.

11. Estudiar las potencialidades de los materiales y tecnologías locales.

Recuadro 3

REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA: EJEMPLO DE INNOVACIONES EN MATERIALES NATURALES RECICLABLES

Un ejemplo reciente en la República Federal de Alemania sobre innovaciones en materiales naturales y reciclables para la construcción, es la elaboración industrial de planchas o láminas para aislación térmica, utilizando lana de oveja, corcho o papel reciclado como materia prima, en reemplazo de las planchas de poliestireno expandido o lana mineral, y si bien su costo es mayor, algunas personas los prefieren por ser "naturales". Más allá de los argumentos técnicos que lo justifiquen, lo importante es que en ese contexto esta innovación es viable porque tiene mercado. Cabe destacar que algunas industrias que tradicionalmente fabricaban planchas de lana mineral o poliestireno expandido están elaborando también este nuevo producto.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

Recuadro 4

FRANCIA Y REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA: INCORPORACIÓN DEL "COSTO GLOBAL" EN LA VIVIENDA

En Francia y Alemania se han incorporado algunos costos de mantención dentro de las características con las cuales se promueven las viviendas. Este procedimiento es similar al que se aplica en el caso de los automóviles, en que se conoce previamente su rendimiento en kilómetros por litro de combustible a diferentes velocidades, como también las mantenciones que es necesario realizar cada ciertos kilómetros (que progresivamente se han ido distanciando) con una aproximación de su costo.

En Francia se están desarrollando programas computacionales que permiten conocer aproximadamente los costos de operación y mantención de las viviendas en determinados períodos de tiempo. Esta información es muy útil para el comprador, ya que le permite evaluar de mejor manera su compra.

En la República Federal de Alemania la actual reglamentación térmica se basa en el cálculo del consumo de combustible máximo para cada vivienda, en relación con sus dimensiones. De esta manera la tendencia es entregar un carnet de consumo de la calefacción, sobre el cual se podrán hacer respectivas pruebas, controles y publicidad.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

B. RESPECTO DE LA PRODUCTIVIDAD

1. Promover la industrialización de los sistemas constructivos.

2. Promover la utilización generalizada de la computación. Naturalmente, los países tecnológicamente más avanzados son los que adoptan antes las herramientas racionalizantes y simplificadoras de los procedimientos, como se comprueba en el caso siguiente (véase el recuadro 5).

Recuadro 5

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: LA COMPUTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

Los principales avances y evolución recientes en los sistemas de construcción y en la industria de la construcción en general, se deben a la introducción de la computación.

Se piensa que los mayores cambios futuros serán aportados por la utilización masiva y amplia de la computación y automatización en todos los procesos.

Como ejemplos de lo anterior, la incorporación de los códigos de barra para la identificación de materiales y componentes de construcción aporta significativos ahorros y economías por cuanto simplifica enormemente las operaciones de adquisición, bodegaje, inventariado, manejo, etc., de dichos elementos.

La incorporación de programas computacionales tridimensionales —3D— permite disminuir los costos entre un 2% y 10%, al minimizar los errores de diseño.

La utilización de computadoras capaces de reconocer la voz humana permite dar instrucciones desde cualquier lugar, las que son instantáneamente centralizadas y distribuidas sin que sea necesario digitar.

Fuente: Corporación de Investigación de la Construcción, Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, junio de 1996.

3. Estimular la producción y uso de elementos y componentes prefabricados: pilares, cadenas, vigas, losetas, pilotes de fundación y contención, muros sanitarios y placas de piso y cubierta.

4. Especificar componentes que puedan ser prefabricados por los mismos constructores o por subcontratistas.

5. Promover la fabricación de herramientas desmontables para instalar los elementos y facilitar con mesas de trabajo el prearmado de cerchas, tabiques, vigas armadas, marcos y otros componentes.

6. Convenir con la industria la estandarización de la producción de materiales, piezas, partes y componentes (véanse los recuadros 6 y 7).

Recuadro 6

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: UN EJEMPLO DE ESTANDARIZACIÓN VOLUNTARIA

Estudios del Instituto de la Construcción de Estados Unidos demuestran que gracias a la estandarización voluntaria, es decir aquella que se impone a sí misma una empresa constructora, puede ahorrarse entre un 2% y un 5% del presupuesto.

Fuente: Richard L. Tucker, "Evolución y futuro de la industria de la construcción", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción, junio de 1996.

Recuadro 7

SUECIA: CONSIDERACIONES ACERCA DE LA ESTANDARIZACIÓN

Si bien parte de la industrialización se basa en la estandarización, a veces sus beneficios no lo son tanto en relación con algunos elementos o materiales que requieren alguna elaboración adicional al momento de construir, por ejemplo cuando sus dimensiones no coinciden con las requeridas. Es el caso de la madera que se comercializa en largos predeterminados, de acuerdo con normas o medidas internalizadas en el mercado. Sin embargo, al construir un panel normalmente se requieren piezas más largas, de modo que hay que "reconstruir" el largo original. Gracias a la incorporación de la computación en los procesos de construcción, particularmente en el bodegaje y provisión de madera se han podido aprovechar las dimensiones originales y eliminarse el corte a medidas preestablecidas. Por otra parte, la dimensión de las piezas de madera constituye el referente del diseño, limitándolo a largos que muchas veces carecen de racionalidad económica y dimensional. En Suecia, algunas empresas constructoras de viviendas prefabricadas acopian su madera según el largo original y utilizan sistemas computarizados para llevar el inventario. De esta manera saben cuántas piezas hay y de qué largo son, de suerte que puede optimizarse su utilización.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

7. Estimular la incorporación de la gestión de aseguramiento de calidad, para empresas y productos.

8. Estimular la capacitación a todo nivel, particularmente de la mano de obra (véase el recuadro 8).

Recuadro 8

CHILE: CALIFICACIÓN DE LA MANO DE OBRA

De acuerdo con estudios de la Corporación de Investigación de la Construcción de la Cámara Chilena de la Construcción, el porcentaje de trabajadores no calificados respecto de los trabajadores calificados es del orden del 63%.

Fuente: Corporación de Investigación de la Construcción, Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, junio de 1996.

9. Realizar estudios acerca de la productividad de la mano de obra y aplicar medidas para optimizarla. En el caso chileno existen avances a este respecto, como se ve en el recuadro 9.

Recuadro 9

CHILE Y OTROS PAÍSES: ESTUDIOS SOBRE PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

La Corporación de Investigación de la Construcción de la Cámara Chilena de la Construcción ha realizado estudios sobre el tiempo productivo de los trabajadores en obra y ha llegado a la conclusión que es del orden del 30%. La implementación de medidas para mejorar tal situación ha permitido, después de muchos esfuerzos, aumentarlo a 35%, cifra que aún se considera bastante baja. En Estados Unidos de América el tiempo productivo de la mano de obra es alrededor de 40%. Estudios realizados por el Instituto de la Construcción de dicho país establecen que un 30% del tiempo perdido por los trabajadores obedece a los atrasos de las obras, es decir, a la falta de una planificación adecuada. Otros estudios sobre la relación de productividad horaria —PGB dólar/hora— realizada entre diversos países, arrojan los siguientes resultados aproximados: Chile 3, Suiza 42, Inglaterra 21, Alemania 33, Italia 30 y Singapur 20.

Fuente: CEPAL, sobre la base de documentos presentados al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, junio de 1996, y Diario Opción, "La calidad requiere esfuerzo", Santiago de Chile, 24 de junio de 1996.

10. Promover la cooperación técnica horizontal entre países de la región y establecer canales permanentes de cooperación en ella para aprovechar oportunamente las experiencias de países afines. Muchas buenas ideas no se aplican sencillamente porque se desconocen.

11. Incorporar a los medios académicos y profesionales en el desarrollo de investigaciones aplicadas para la innovación tecnológica.

12. Promover programas de incentivo tecnológico. Se cita a continuación una experiencia realizada en Chile auspiciada por un municipio (véase el recuadro 10).

Recuadro 10

CHILE: UN CASO DE APLICACIÓN DE INCENTIVOS PARA EL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO AUSPICIADO POR EL MUNICIPIO

En la Municipalidad de La Florida, situada en una comuna de la Región Metropolitana de Santiago, Chile, se puso en marcha en febrero de 1991 el "Programa de incentivo al acondicionamiento térmico". Dicho programa consiste en un sistema de descuentos porcentualizados aplicado a los permisos de edificación, fundamentalmente de viviendas, en relación con las características térmicas de las mismas, cuantificadas mediante el cálculo del coeficiente "G".

Este programa ha resultado muy exitoso y ha concitado el interés en diversos ámbitos de la construcción, tanto a nivel nacional como internacional. Se ha logrado una gran participación de las industrias de producción de materiales aislantes, las que a raíz de esta experiencia han financiado varias investigaciones y se han mostrado muy receptivas para colaborar en la formulación de proyectos y reglamentaciones sobre el tema, que tienen por objeto mejorar las condiciones de habitabilidad y durabilidad de las viviendas.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

13. Utilizar las ventajas comparativas y potenciales del Estado para poner en práctica tecnologías adecuadas a través de las licitaciones, utilizándolas como un instrumento impulsor de la innovación tecnológica, extendible por la vía del efecto demostración. También el caso chileno es esclarecedor de este aspecto (véase el recuadro 11).

Recuadro 11

CHILE: DISCUSIÓN DE DOS ALTERNATIVAS DE CONDUCCIÓN TECNOLÓGICA A TRAVÉS DE LA LICITACIÓN

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, principal mandante cuantitativo de construcción de viviendas del país, hasta 1983 licitaba los proyectos fijando el monto de recursos disponible y el número de viviendas por construir. La licitación se adjudicaba a aquella oferta que alcanzaba mayor puntaje, de acuerdo con una pauta de evaluación cualitativa, aplicada tanto a la solución de la vivienda como al loteo. A partir de esa fecha se modificó el sistema de licitación y se pasó a fijar el monto de los recursos disponibles y las características materiales mínimas que debían cumplir los proyectos ofertados, adjudicándose la licitación a la empresa que ofertara la mayor cantidad de viviendas. En caso de igualdad se prioriza las de mayor superficie.

Las razones que se esgrimieron como fundamento para modificar el sistema son diversas. Una de ellas es que el gobierno de la época habría estimado que se estaban construyendo viviendas de una calidad superior a una mínima "satisfactoria" para sectores de escasos recursos y que esa diferencia entre la calidad satisfactoria y la que se lograba, se podría destinar a incrementar cantidad.

Otra versión dice que el sistema de adjudicación de las licitaciones era muy complejo, que contenía aspectos subjetivos y que las empresas aprendían muy bien el sistema y lo distorsionaban en sus ofertas. Esta última versión no parece muy fundada, toda vez que los métodos de esta naturaleza son perfectibles y se van ajustando progresivamente.

Se dice que si bien esta política ha resultado exitosa en cuanto a incrementar las soluciones construidas se reconoce que ese objetivo se ha logrado en detrimento de la calidad. Las especificaciones mínimas se han convertido en las normales o máximas y la industria de materiales se ha especializado en la producción de materiales cuyas exigencias son cada vez menores, con la consecuente disminución de la calidad de las viviendas. Esto a su vez ha tenido repercusiones en los diseños, tanto arquitectónicos como de las estructuras, resultando cada vez más básicos y cercanos al límite del cálculo.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

14. Realizar experiencias piloto, como iniciativas para medir y explorar las posibilidades locales.

15. Simplificar la gestión eliminando obstáculos burocráticos, con el fin de estimular la participación de las empresas industriales, constructoras y otros actores en el desarrollo e innovación tecnológica.

C. CONCLUSIONES FINALES

En el área de la innovación tecnológica aplicada al tramo de la construcción del proceso productivo de vivienda queda mucho por hacer en Latinoamérica y el Caribe y los cambios necesarios son altamente prometedores respecto de las posibilidades de incrementar la productividad y en consecuencia de aportar al aumento de la demanda efectiva de vivienda. A su vez, el mejoramiento progresivo de las calidades —por la vía del empleo de tecnologías superiores y debidamente normadas por la autoridad nacional,

regional o local— se muestra en la experiencia regional, especialmente en los países que están privilegiando cantidad antes que calidad, como un desafío trascendente e impostergable.

D. CONTENIDO DEL DOCUMENTO

En los capítulos siguientes se abordan una descripción de la situación tecnológica actual; una discusión de los objetivos elegibles alrededor de la relación entre calidad y productividad; un examen de los sistemas y herramientas disponibles para la innovación tecnológica; y, finalmente a modo de ejemplo, se alude a los escalones posibles de progreso técnico aplicado a tres sistemas constructivos de uso predominante en la región.

I. SITUACIÓN TECNOLÓGICA

A. EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

En términos generales, la tecnología utilizada en América Latina y el Caribe para la construcción de viviendas es bastante básica, mayoritariamente artesanal y muestra un marcado retraso respecto de los avances experimentados en los países desarrollados. El enorme déficit habitacional puede atribuirse en gran medida a esa causa.

Si bien en algunos países se puede observar la incorporación de procesos de alto contenido tecnológico, fundamentalmente en la construcción de obras públicas, edificios públicos, institucionales o privados, es posible decir que la tecnología utilizada en la construcción de viviendas es mayoritariamente básica y precaria.

Entre las causas del enorme retraso tecnológico de los sistemas constructivos utilizados en la región, se encuentran las siguientes:

1. Predominio del uso de técnicas artesanales en la construcción de las obras.

2. La proporción de elementos prefabricados o industrializados en la construcción de viviendas es muy baja, ya que se utilizan mayoritariamente materiales básicos de fabricación artesanal.

3. La mano de obra empleada no tiene prácticamente ninguna capacitación formal y es, por lo general, de muy bajo nivel.

4. La utilización de herramientas, maquinaria o equipos mecanizados es relativamente pequeña.

5. La incorporación de la computación en los proyectos y procesos constructivos es incipiente.

6. La incorporación de sistemas modernos de gestión para el aseguramiento de la calidad en las empresas constructoras es un tema que recientemente se ha incorporado a la discusión.

7. La certificación de los materiales utilizados en la construcción es muy baja, en algunos casos inexistente.

8. No utilización en la región de sistemas de calificación de las viviendas.

9. Las regulaciones sobre aspectos cualitativos de las viviendas, fundamentalmente sobre sus condiciones de habitabilidad y durabilidad, son muy precarias o inexistentes.

10. El reducido número de normas de construcción existentes en la región, a lo que se suma el hecho de que muchas de ellas estén obsoletas.

B. EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS

La construcción ha experimentado un fuerte avance tecnológico en los países desarrollados, particularmente después de la Segunda Guerra Mundial. Los requerimientos de vivienda, equipamiento e infraestructura, después de la destrucción de gran parte de las obras, obligaron a desarrollar nuevas tecnologías, destacándose entonces la prefabricación pesada, que permitió la producción de gran cantidad de viviendas. Después de haberse superado el déficit cuantitativo crítico, no pocas de estas fábricas fueron vendidas o donadas a países latinoamericanos, de suerte que también en algunas zonas de América Latina y el Caribe se construyen muchas viviendas con esta tecnología.

Sin embargo, la prefabricación pesada se tornó anticuada y la reciente introducción de la computación en la industria ha tenido un fuertísimo impacto positivo y actualmente constituye la herramienta tecnológica más avanzada. Ésta ya se ha incorporado a una gran cantidad de procesos de la construcción, lo que ha permitido incrementar sustantivamente la producción y ofrece la posibilidad de una variedad potencialmente infinita en las características del producto.

Hoy no sólo las fábricas de materiales utilizan robots en sus líneas de producción, ya que también es posible construir íntegramente edificios y viviendas mediante procesos automatizados y telecomandados.

El crecimiento económico, la globalización de las economías y los avances en los sistemas de comunicación han tenido enorme influencia en el desarrollo de mercados, cada vez más exigentes en términos de calidad. Ello se manifiesta en la rápida evolución de los estándares, cada vez más altos, no sólo respecto del producto como tal, sino también de su impacto en el medio ambiente, aspecto cada vez más recurrente.

El desarrollo y divulgación de normas de aseguramiento de calidad, la exigencia de tener certificación ISO 9000 para poder participar en la construcción de obras interesantes, es una situación cada vez más frecuente en mercados desarrollados.

Todo lo anterior indica que el trabajo y experiencia obtenida por países con mayor desarrollo ofrecen grandes posibilidades de aprendizaje. Hoy, gracias a la globalización de las informaciones se puede obtener, de manera prácticamente instantánea, cualquier información tecnológica.

Lo importante es utilizar selectivamente las tecnologías que sean adecuadas y no aplicar "acríticamente" aquellas técnicas que han sido exitosas en otras realidades, porque pueden tener consecuencias desastrosas, y sobran ejemplos de ello, en los países de la región. Esta suerte de hermano menor tiene la ventaja de poder aprender de los hermanos mayores y fundamentalmente de no repetir sus errores.

II. OBJETIVOS DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

A. CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

Los objetivos de las innovaciones tecnológicas son dos: mejorar la calidad y aumentar la productividad. Es decir, construir viviendas cada vez mejores, en mayor cantidad, en menor tiempo y más baratas.

Estos objetivos responden a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tipo de vivienda —desde el punto de vista de su estándar de calidad— se quiere obtener?
2. ¿Qué cantidad se necesita construir?
3. ¿Cuál es el precio que se puede pagar?
4. ¿En qué plazo se desea construir?

Las cuatro respuestas a estas preguntas constituyen definiciones básicas y fundamentales para estudiar y medir el grado de adecuamiento y viabilidad de una determinada innovación tecnológica, tanto para modificar los sistemas constructivos tradicionales, como para la aplicación de nuevos sistemas constructivos.

Al aumentar la calidad se está dando satisfacción progresivamente mayor al cliente.

Al aumentar la productividad se logra incrementar la posibilidad de que la demanda potencial se transforme en demanda efectiva, es decir de que una mayor cantidad de familias pueda obtener su vivienda, por cuanto hay mayores oportunidades a medida que aumenta la oferta y disminuyen los plazos, y es mayor el acceso al disminuir el precio.

Lo anterior significa trabajar sobre dos áreas: a) el producto, para lo cual hay que definir las características de la vivienda, y b) el sistema de producción, es decir las tecnologías usadas para su construcción. Estos dos objetivos están correlacionados entre sí, puesto que puede lograrse que el producto tenga determinadas características cualitativas en la medida que pueda desarrollarse un sistema de producción adecuado.

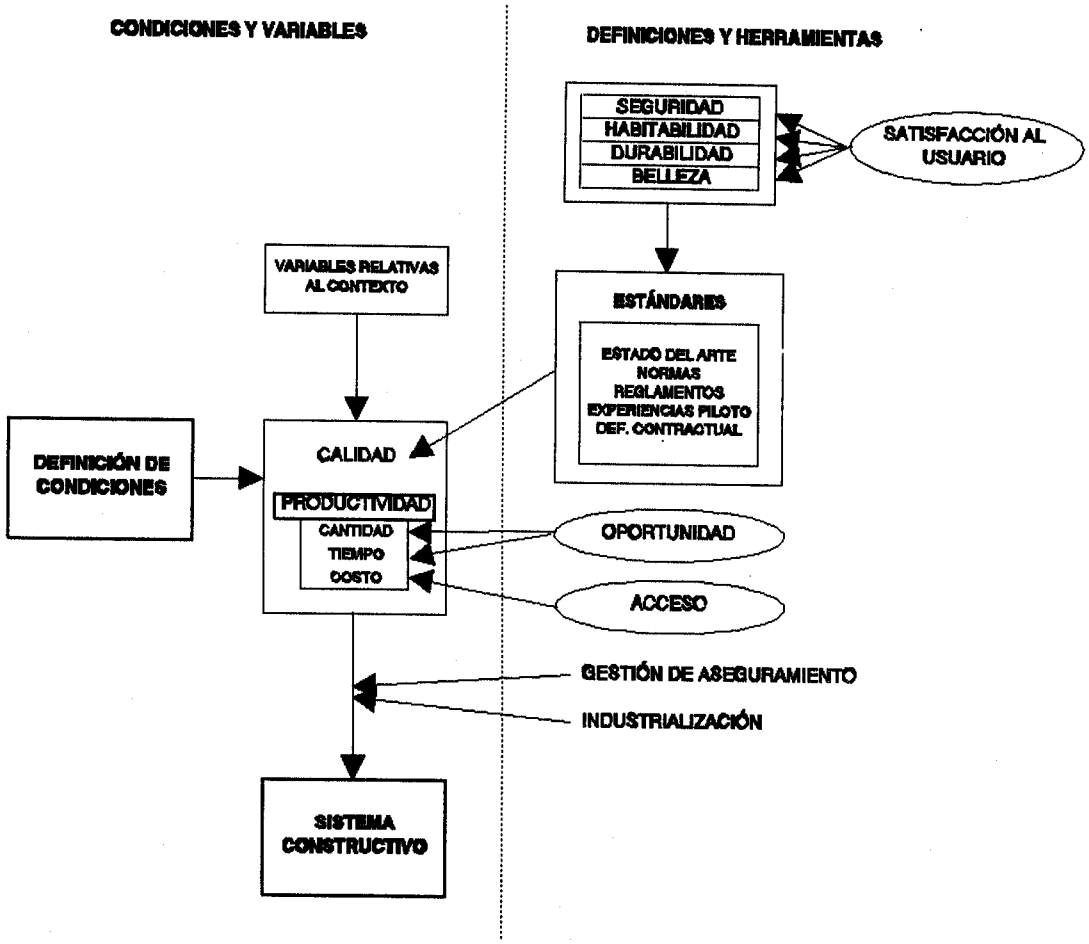
Para hacer una evaluación inicial simple y básica de las alternativas existentes respecto de las innovaciones tecnológicas, es posible hacer un análisis comparativo, en que se establecen rangos que permitan clasificar cada uno de los sistemas en base a la matriz siguiente:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE REQUERIMIENTOS			
Parámetros	Alta	Mediana	Baja
Calidad			
Cantidad			
Costo			
Tiempo			

Un primer análisis más completo y global para definir o evaluar inicialmente las innovaciones tecnológicas, es el que se plantea en el gráfico que figura a continuación.

Gráfico 1

DIAGRAMA PARA LA DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS



Lo primero es definir las condiciones que debe satisfacer el sistema constructivo. Es decir, determinar cuál es el estándar cualitativo de la vivienda que se necesita construir, la cantidad requerida, en qué plazos y a qué valor, todo ello en relación al contexto en que se encuentra, cual es, las características de la demanda y su localización.

El estándar o conjunto de características que establecen un nivel de calidad reconocible —que corresponde a los requerimientos para dar satisfacción al usuario— dependerá de las condiciones de **seguridad**, **habitabilidad**, **durabilidad** y **estética** que se establezcan para la vivienda. Estos parámetros de calidad dependerán de la localización y de las características de la población, que comprenden cultura, hábitos, y composición familiar típica, principalmente.

Las exigencias de calidad pueden ser reguladas, definidas o establecidas mediante leyes, reglamentos, normas o condiciones contractuales y eso dependerá del desarrollo, cultura o espíritu de los instrumentos de regulación de la construcción del país. Las regulaciones se fundamentan en los últimos adelantos técnicos y se nutren de la realización de experiencias piloto.

1. Calidad versus productividad

Es importante hacer un distingo entre la calidad —que es el estándar del producto— y la productividad —que es la relación entre cantidad, plazo y precio—, toda vez que la calidad determina las características del producto y la productividad apunta a obtener la mayor cantidad del producto definido idealmente en menores plazos y costos (véase el recuadro 12).

La confusión entre calidad y productividad lleva al punto de proponer y utilizar sistemas constructivos cuyo principal argumento son la cantidad y el precio obtenido, o incluso otras razones tales como el aprovechamiento de determinados recursos, sin importar en definitiva las características cualitativas de la vivienda que se logra construir.

La inoportuna o incompleta evaluación de una determinada innovación puede ocasionar enormes dificultades posteriores, tanto en términos de reducción de la calidad, aumento del costo, pero por sobre todo, a construir viviendas de estándar bajo e irregular. Esto último presenta dos grandes inconvenientes:

a) Las modificaciones en obras ya realizadas, tanto con el propósito de elevar su estándar o para alcanzar el estándar proyectado (en el caso de que la construcción sea deficiente), presentan dificultades y tienen costos muy superiores a la inversión que hubiese debido hacerse al momento de establecer las condiciones iniciales de las obras (véase el recuadro 13).

b) La masificación de un determinado sistema constructivo puede constituirse en una barrera para la implementación de nuevos estándares, en relación con aquellos requisitos respecto de los cuales el sistema presente debilidades cualitativas (véanse los recuadros 14 y 15).

Promover o aceptar sencillamente este tipo de propuestas —reconociendo sus ventajas— sin considerar las características cualitativas del producto final, puede inducir a errores de apreciación sobre los costos, y además al momento de incorporar otras exigencias puede quedar obsoleto o constituir un obstáculo para exigir la utilización de otro estándar.

Recuadro 12
TENDENCIA ERRADA DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

Normalmente se han estudiado y desarrollado nuevos sistemas de construcción o se han incorporado nuevas tecnologías y procedimientos en los sistemas de construcción tradicionales, con el propósito de elevar la productividad, es decir, construir mayor cantidad, en menores plazos y costos. Ello no necesariamente tiene relación con la producción de una vivienda de mejor calidad, ya que la calidad depende básicamente del estándar que se fija y no de los procedimientos empleados para construirla —sin desconocer que para alcanzar cierto estándar normalmente se requiere que el sistema de construcción sea idóneo. La diferencia reside fundamentalmente en que la gestión de calidad o aseguramiento de la calidad, son independientes de las características del producto que se fabrica. De esta manera, al aplicar métodos de gestión de calidad y aseguramiento de la calidad no se producirá necesariamente un producto de mejor calidad, sino que se asegura la fabricación de ese producto de acuerdo con sus especificaciones técnicas, con menores desviaciones y de manera más óptima. En este sentido, las innovaciones en materia de productividad deben apuntar a un incremento de la cantidad, reducción de los plazos y costo de producción, a lograr un estándar determinado, es decir a aumentar los productos que cumplan con la calidad definida.

Por otra parte, el hecho de haber denominado a los métodos de gestión que colaboran para elevar la productividad, métodos de gestión de calidad, ha contribuido a confundir el concepto calidad.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

Recuadro 13
CHILE: CASO DE LA POBLACIÓN ALBERTO HURTADO EN TEMUCO

En el año 1994, el Servicio de Vivienda y Urbanismo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de la IX Región, licitó la construcción de viviendas y estableció en sus bases que en su construcción debería utilizarse albañilería armada, a base de ladrillos hechos a máquina de 14 cm. de espesor. Se procedió así con el propósito de innovar los sistemas constructivos, que tradicionalmente emplean estructuras de madera recubiertas. La empresa que ganó la licitación presentó un proyecto de 414 departamentos, distribuidos en 69 edificios de tres pisos. Al poco tiempo de ser habitadas en el año 1995, en época de invierno, ocurrieron fuertes lluvias y muchos habitantes denunciaron que las viviendas habrían sufrido filtraciones de agua por sus muros. Sin embargo, la presencia de gran cantidad de agua en los paramentos interiores, tanto de muros como cielos, se debió a la condensación de una gran cantidad de vapor de agua producida al interior de las viviendas, que se contactó con los fríos paramentos de los edificios. La excesiva concentración de vapor de agua obedece a diversas razones: la quema de kerosene, gas licuado y leña, utilizados como combustibles para la calefacción; el secado con estufas de la ropa lavada y húmeda al interior de la vivienda; el vapor producido en la cocción de los alimentos, que se acumula y dispersa al interior del departamento, debido a que la cocina no tiene ventilación para tal objeto, a lo que se suma la propia evaporación de los habitantes. La lluvia y el viento fuerte que sopla en la zona bajan la temperatura en los muros envolventes, construidos de albañilería, de alta transmitancia térmica —más de tres veces la transmitancia térmica de las soluciones tradicionales de madera— que alcanzan temperaturas muy bajas y causan la condensación del vapor al interior, con el consiguiente efecto de filtración de agua por los paramentos.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

Recuadro 14

CHILE: BARRERAS TECNOLÓGICAS PARA IMPLEMENTAR REGLAMENTACIÓN TÉRMICA

En Chile, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo está elaborando un estudio con el propósito de poner en práctica una reglamentación sobre acondicionamiento térmico. Las regulaciones se traducen inicialmente en el establecimiento de una máxima transmitancia térmica en los elementos de la envolvente. En el caso de la techumbre, esta tarea no presenta mayores dificultades, ya que en la mayoría de los casos basta con incorporar un material aislante térmico para poder cumplir con las exigencias propuestas. Sin embargo, diferente es lo que ocurre en el caso de los muros, en los que cualquiera sea la exigencia, cuando se trata de muros macizos, albañilerías u hormigón armado, se requieren tratamientos adicionales, que muchas veces conllevan la incorporación de otras tecnologías y materiales. Por ejemplo, habría que recubrir exteriormente los muros, hacer muros dobles, revestir por el interior, etc. En el caso de las albañilerías de arcilla —que desde ya presentan un comportamiento térmico mejor— una alternativa aplicada en los países desarrollados es utilizar ladrillos de gran espesor o ladrillos a los cuales se les incorporan materiales de aislación térmica, lo que da como resultado un sistema constructivo básicamente igual. En el caso de los muros de hormigón —que presentan ventajas en relación con el tiempo y comportamiento sísmico— el problema no es sencillo, ya que para lograr igual característica térmica que el ladrillo, es imprescindible adicionarles aislación térmica, lo que se traduce en otras faenas y costos adicionales. Este cambio tecnológico en presencia de construcción masiva de albañilerías delgadas y sobre todo de paramentos de hormigón de escaso espesor en edificios de altura, constituye una barrera difícil de salvar al plantear exigencias en los muros de la envolvente.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

Recuadro 15

REINO UNIDO: EJEMPLO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO MIVAN

El sistema MIVAN, inventado en el Reino Unido y promovido recientemente en algunos países latinoamericanos, es un sistema constructivo barato y muy rápido. Es un sistema en que se emplea básicamente hormigón armado vaciado en obra, utilizando moldajes de aluminio. El secreto del sistema son los moldajes de aluminio, que son muy livianos y cuentan con un sistema de unión rápido, que permite armar y desmontar el sistema en muy breve tiempo. Sin menospreciar las ventajas que tiene el sistema y que sin duda puede ser muy competente en materia de rendimiento y costo, dado que los paramentos son de hormigón sin ningún otro acabado, como es la oferta inicial y ventajosa del sistema, tienen un comportamiento muy precario desde el punto de vista del acondicionamiento térmico y acústico. Los muros y losas construidas de esta manera no cumplen con las exigencias de los países desarrollados, cuyos reglamentos de acondicionamiento térmico establecen un comportamiento alrededor de 10 veces mejor que el ofrecido inicialmente por el sistema.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

B. CALIDAD

Como ya ha ocurrido en otros ámbitos, las ideas, conceptos y métodos de calidad se han ido incorporando progresivamente en los mercados inmobiliarios, sumándose a otros conceptos tales como "productividad" y "modernización".

Desde hace décadas se ha estado trabajando para mejorar la calidad y se han desarrollado diversos sistemas y métodos que apuntan todos al mismo objetivo y razón actual de cualquier proceso productivo: **la satisfacción del cliente**.

Entre las diversas definiciones hoy frecuentes y aceptadas de calidad se señalan las siguientes (véase el cuadro 1):

Cuadro 1

DEFINICIONES DE CALIDAD

Instituto Nacional de Normalización, Chile	El conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades expresas o implícitas
Association française de normalisation (AFNOR)	La aptitud de un producto o de un servicio para satisfacer las necesidades de los usuarios
Bouwcentrum, Países Bajos	El grado en que un producto satisface las exigencias que se imponen de acuerdo a su finalidad —su aptitud para el empleo
Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, Comisión de Tecnología y Calidad de la Vivienda	El conjunto de las propiedades y las características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades expresas o implícitas de todo el proceso de materialización de la obra

La globalización de la economía y el establecimiento de mercados abiertos plantea adicionalmente la obligación de establecer patrones comunes de calidad entre los países, que permitan competir en igualdad de condiciones en todos los mercados.

1. Definiciones de calidad de la vivienda

En el marco de las definiciones de calidad, un producto o servicio es de calidad si posee ciertas características que satisfacen las necesidades expresas o implícitas del cliente.

En el campo de la vivienda, los requisitos o propiedades básicas que debe satisfacer y que, por tanto, deben ser asumidas como los objetivos de las innovaciones tecnológicas en este ámbito, son cuatro: **seguridad, habitabilidad, durabilidad y estética** (véase el cuadro 2).

Existe un quinto requisito, propio de fin de siglo, que se suma progresivamente a los cuatro anteriores: **reciclabilidad** (véase el recuadro 16).

a) Particularidades de las necesidades o requisitos de calidad

Seguridad

i) Protección ante los fenómenos de la naturaleza: sismos, tormentas, inundaciones, huracanes, fuertes vientos, etc.

ii) Seguridad de no correr riesgos físicos y de salud: caídas, shocks eléctricos, incendios, contaminación ambiental, fugas de gases, explosiones, etc.

iii) Protección de las personas y bienes frente a otras personas y animales extraños.

Habitabilidad

Espacios cómodos y suficientes, adecuados a la naturaleza humana, a la cultura y actividades locales: "la diferencia entre habitar e intemperie".

i) Espacios de tamaño suficiente, accesibles y dispuestos de manera funcional de acuerdo con la cultura, hábitos y necesidades de la familia.

ii) Medioambiente con condiciones estables y adecuadas de temperatura, humedad, sonido, luz, contaminación y calidad del aire.

iii) Equipamiento necesario e higiénico para satisfacer adecuadamente las necesidades fisiológicas del grupo familiar.

Durabilidad

Una mínima y económica mantención y limpieza que permita el mayor tiempo posible de uso en buenas condiciones: "durable, fácil de limpiar y económica de mantener".

i) Materiales que requieran la menor y más económica mantención y reposición.

ii) Puesta en obra que asegure la permanencia estable y máxima de lo construido e instalado.

Cuadro 2

REGULACIONES Y CONDICIONES DE CALIDAD

Requerimientos	Atributos	Regulaciones o condiciones
Seguridad	-Protección ante los fenómenos de la naturaleza. -Seguridad de no correr riesgos físicos y de salud. -Protección de las personas y bienes frente a otras personas y animales extraños.	-Diseño y cálculo de las estructuras de las edificaciones. -Diseño de instalaciones y especificación de materiales para las redes de electricidad, gas, agua potable, alcantarillado, etc. -Diseño, cálculo y especificación de escaleras, barandas, gradas, balcones, etc. -Especificación de materiales no contaminantes ni riesgosos para la salud. -Señalización. -Precauciones en el diseño e instalación de sistemas de seguridad, vigilancia y alarma.
Habitabilidad	-Espacios de tamaño suficiente, accesibles y dispuestos de manera funcional. -Medioambiente con condiciones estables y adecuadas de temperatura, humedad, sonido, luz y calidad del aire. -Equipamiento necesario e higiénico familiar.	-Recintos mínimos. -Superficies mínimas. -Relaciones entre recintos. -Condiciones de los accesos: cantidad, anchos, puertas, etc. -Condiciones y facilidades para eventualmente realizar ampliaciones. -Acondicionamiento térmico. -Renovaciones de aire y ventilación. -Acondicionamiento acústico. -Condiciones de iluminación. -Purificación y control del aire interno. -Recintos y equipamiento sanitario.
Durabilidad	-Materiales que requieran la menor y más económica mantención y reposición. -Puesta en obra que asegure la permanencia estable y máxima de lo construido e instalado.	-Durabilidad de los materiales. -Costos de mantención. -Costos de operación. -Costos de reposición. -Condiciones de construcción: tecnología, materiales, calificación mano de obra, etc.

Cuadro 2 (concl.)

Requerimientos	Atributos	Regulaciones o condiciones
Estética	-Habitar espacios y ambientes armónicos y hermosos.	-Estilos arquitectónicos. -Condiciones de diseño. -Texturas, color y terminaciones. -Iluminación nocturna o escénica. -Proporciones.

Recuadro 16

RECICLABILIDAD

Esta característica ampliamente difundida en otros productos (automóviles, envases, detergentes, etc.), si bien recién se está exigiendo para algunos materiales utilizados en la construcción en los países desarrollados (reemplazo de materiales sintéticos por naturales, materiales reciclables, etc.), se espera que sea contemplada en los edificios del futuro próximo, tanto en términos de presentar flexibilidad de uso, especialmente en edificios no habitacionales, como en la reutilización o reciclaje de sus partes, previendo un mínimo impacto en el medio ambiente. Este aspecto, que tiene estrecha relación con el uso óptimo y mínimo de energía, será muy importante en futuros mercados inmobiliarios.

Esta característica, requisito ya internalizado en la mayoría de los países desarrollados, si bien está lejos de ser la percepción común en América Latina y el Caribe y es la razón por la cual no se incluye con tal jerarquía en este documento, sin duda deberá tenerse muy presente en las futuras políticas y tecnologías por desarrollar.

Fuente: Dieter Mittelmann, "Tendencias tecnológicas y de gestión. Caso europeo", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción, junio de 1966.

Estética

Habitar espacios y ambientes armónicos y hermosos.

Si además de segura, cómoda y durable es bella, mucho mejor.

Cada una de estas propiedades o requisitos pueden precisarse y cuantificarse sobre la base de la caracterización de sus atributos. Éstos dependerán del contexto y cultura de la zona, que determinará sus particularidades (véase el cuadro 2).

b) Consideración de las ampliaciones en términos de habitabilidad

Las ampliaciones merecen una consideración especial en el momento de definir los proyectos y sistemas constructivos que se utilizan, en términos de la obtención de condiciones aceptables de habitabilidad, particularmente relativas a superficies, recintos y relaciones entre éstos.

Las gran mayoría de las soluciones habitacionales construidas en la región, fundamentalmente aquellas ejecutadas con participación del Estado (financiamiento, licitación, diseño, etc.), contemplan una cantidad de recintos mínimos, en una superficie muy reducida, evidentemente insuficiente. Esto obedece en parte a lo limitado de los presupuestos y a la idea de otorgar una solución a modo de "simiente" o "progresiva", que la familia amplía en la medida de sus necesidades y la disponibilidad de recursos para ese fin.

Cuadro 3

CHILE: EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE PROMEDIO DE VIVIENDAS NUEVAS

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Superficie promedio m^2	**57.5**	**56.8**	**58.9**	**65.1**	**60.1**	**59.4**	**62.8**
m^2 promedio 4 personas/hogar	**14.38**	**14.2**	**14.75**	**16.28**	**15.03**	**14.85**	**15.7**
Viviendas constr. (N°)	83 891	79 311	88 481	105 669	117 392	118 627	124 801

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINUU); Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Compendio Estadístico 1994, Santiago de Chile, 1994.

La prueba más convincente de la insuficiencia del tamaño de la solución habitacional que se entrega inicialmente, se aprecia al observar que en el período de un año o menos de haber sido entregadas, gran parte de las viviendas han sido modificadas, levantándose ampliaciones que llegan a duplicar la superficie original. Baste decir que la inmensa mayoría de las ampliaciones son ejecutadas sin la intervención de profesionales, realizadas por el sistema de autoconstrucción, con materiales de baja calidad, etc. Sin

considerar el resultado arquitectónico, desde el punto de vista de la construcción, estas ampliaciones suelen ser muy precarias e incluso peligrosas.

Esta realidad plantea la necesidad de planificar constructivamente la posibilidad de realizar adecuadamente las ampliaciones necesarias, particularmente en términos de la resistencia de su estructura y de sus instalaciones básicas: electricidad, agua y alcantarillado. Esta acción no sólo debe realizarse en la intención de facilitar el trabajo de la ampliación, sino particularmente de que éste se realice de manera segura.

2. Estándar e instrumentos de regulación de la calidad en la construcción

El estándar es la referencia a un determinado nivel de calidad. En el caso de una edificación, el estándar se determina mediante la definición de los atributos. De esta manera, para cada uno de los requerimientos se pueden establecer tantos rangos como estándares se quiera.

Existen muchísimos ejemplos respecto de estándares de viviendas.

a) La aplicación de una política tiene normalmente como respuesta el desarrollo de cierta tipología, la que se constituye implícita o explícitamente en un estándar (en varios países se denomina a la tipología resultante con el nombre de la ley o del autor de la misma). Es así como se suele hablar de una vivienda básica, social, de protección social, subsidio nivel 1, etc., haciendo alusión a sus características de calidad.

Recuadro 17

CHILE: DAÑOS CAUSADOS POR EL TERREMOTO "CÍNICO" DE ANTOFAGASTA, 1995

El día domingo 30 de julio, en la región de Antofagasta, Chile, ocurrió un sismo grado 7.8 en la escala Richter. Los principales daños se produjeron en la ciudad de Antofagasta (247 000 habitantes, censo 1992).

La gran mayoría de los daños y deterioros se produjeron en edificaciones de ampliaciones, construidas mediante autoconstrucción o por personas presumiblemente poco capacitadas, a juzgar por las pésimas condiciones en que se realizaron las obras. Las ampliaciones sufrieron daños de tanta magnitud que varias de ellas colapsaron, produciéndose también en muchos casos, deterioros importantes a las edificaciones contiguas. Asimismo, se vieron mayoritariamente afectadas las viviendas originales, que fueron golpeadas y comprimidas por las ampliaciones. La gran mayoría de las viviendas originales eran de fachada continua, por lo que las ampliaciones se realizaron hacia el fondo del terreno.

A simple vista, al pasar por las calles constituidas por fachadas continuas de las viviendas construidas por empresas constructoras, en las viviendas "iniciales" no se observaban mayores daños, ya que éstos se encontraban en el interior de las viviendas, especialmente en sus ampliaciones. Ante esta particularidad, la prensa calificó al sismo de "cínico", por cuanto sus daños no quedaron de manifiesto públicamente.

Fuente: CEPAL, sobre la base de los informes para evaluar los daños causados por el terremoto.

b) Los estilos arquitectónicos constituyen estándares la mayoría de las veces.

c) Las regulaciones: leyes, reglamentos, ordenanzas, normas, etc. establecen estándares explícitos. De esta manera el cumplimiento de una determinada exigencia constituye la definición de un estándar.

d) Los "últimos adelantos técnicos" en una región constituyen un estándar implícito, entendido como la calidad que se logra habitualmente.

e) Los sistemas de calificación y certificación de las edificaciones se refieren al cumplimiento de ciertos requisitos, es decir a ciertos estándares.

f) Por último, las condiciones contractuales constituyen un instrumento de regulación, eventualmente de gran flexibilidad, en la medida que se incorporan en los contratos todas aquellas condiciones y características no especificadas en los instrumentos regulatorios.

Las experiencias piloto o experimentales tienen como objetivo explorar nuevas posibilidades en materia de calidad. Estas experiencias, asociadas a incentivos permiten evaluar el grado potencial de masificación y aceptación de un nuevo estándar y éstas suelen ser experiencias muy interesantes y orientadoras para introducir nuevas tecnologías y eventuales regulaciones.

C. PRODUCTIVIDAD

Normalmente se entiende como "productividad" el cuociente entre producción y recursos (P/R) en que los "recursos" empleados para producir son la mano de obra, las materia primas y la infraestructura necesaria, es decir, edificios, máquinas, elementos de transporte, caminos, energías, etc. (Martínez, 1993, p. 233).

Sin embargo, en el caso de la construcción, además de las tradicionales variables de cantidad y valor, también es importante considerar el tiempo de producción como un recurso relevante. Esto porque un menor tiempo de producción permite construir más y por lo tanto aumentar la oportunidad de acceso a la vivienda, porque eventualmente es necesario construir en un período de tiempo breve (por factores climáticos, urgencias u otros) y por último, por el valor del dinero.

De esta manera la productividad será el cuociente entre producto y costo-tiempo (P/C.P).

Esta definición es particularmente apropiada en atención al déficit cuantitativo y cualitativo existente en la región —que plantea la necesidad de realizar una gran cantidad de acciones, tanto en obras nuevas como en rehabilitaciones, al menor valor y tiempo posible—, ya que permite enfocar en forma separada las medidas y acciones relativas a estas variables, sobre determinada tecnología o proceso constructivo.

Otra variable incorporada ya en países desarrollados es el costo energético e impacto sobre el medio ambiente que involucra el desarrollo de un producto o tecnología. En este sentido es importante considerar los impactos que tiene la aplicación de una determinada tecnología, en términos de utilización de energía e impacto ambiental (Ribeiro, 1994).

Recuadro 18

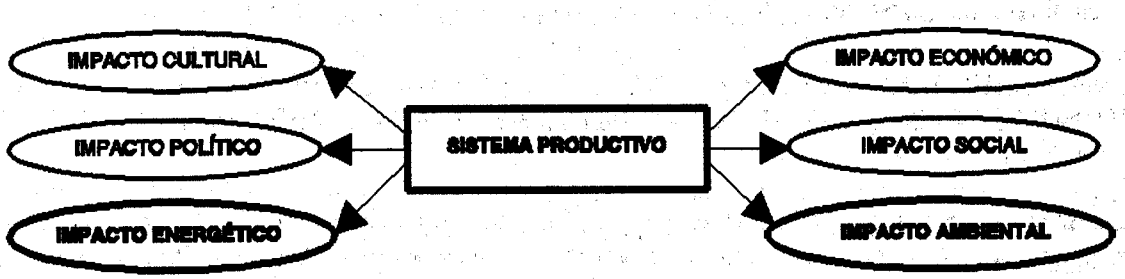
IMPACTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE

De acuerdo al esquema sobre impactos del gesto de proyectar, un proyecto tiene impactos en los siguientes ámbitos: cultural, económico, social, político, energético y ambiental. Asimismo, una tecnología tiene impactos sobre los mismos ámbitos y entre ellos los impactos energéticos y ambientales son prioritarios en los países desarrollados.

Fuente: Mauricio Andrés Ribeiro, "Energía y edificación", Propuestas para la transformación productiva de la vivienda, documento 1, figura N° 1, Belo Horizonte, Brasil.

Gráfico 2

ESQUEMA DEL IMPACTO DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS



Fuente: Mauricio Andrés Ribeiro, "Energía y edificación", Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe, documento 1, figura N° 1, Belo Horizonte, Brasil.

1. Cantidad

La producción de una mayor cantidad de viviendas aumenta el nivel de oportunidad para acceder a ella, razón por la cual es muy importante considerar y estimular aquellos sistemas constructivos que facilitan la producción de una gran cantidad de soluciones.

Existe una correlación entre la máxima eficiencia de un sistema constructivo y la cantidad de unidades que favorece su uso, por lo que la demanda cuantitativa de soluciones es un factor muy determinante al momento de elegir un sistema constructivo.

De esta manera, la ubicación y por sobre ella la organización de la demanda, constituyen también un factor decisivo al determinar la cantidad por construir. La dispersión o atomización de la demanda normalmente presenta inconvenientes para la construcción, pero ello se puede minimizar organizándola de manera de formar conjuntos o grupos que se ajusten a los requerimientos mínimos de la capacidad instalada o necesaria. En este sentido, el rol del Estado o de las instituciones que financian o se constituyen en mandantes, es vital en cuanto a definir la opción de mantener la disgregación territorial, para efectos de la oferta, o sumarla para constituir un grupo mayor.

Los gastos generales, sueldos de profesionales, economías en compras de materiales, y en general la capacidad instalada de una empresa constructora es rentable en relación con un determinado volumen de obras y las empresas van evolucionando en su crecimiento hasta alcanzar un nivel que les acomode y sea óptimo. De esta manera hay una correlación entre volumen de obra y tipo de empresa constructora. Si el mandante habitual para una empresa constructora cambia la oferta de obras, normalmente la empresa tenderá a cambiarse de mandante si el volumen disminuye y a adecuarse si el volumen crece.

Desde otro punto de vista, si se quiere estimular el crecimiento o disminución del tamaño de las empresas constructoras, o la participación de empresas de un determinado nivel, una alternativa es actuar sobre la organización de la demanda.

Sin embargo, un camino distinto al de cambiar de empresas según su capacidad instalada, es el de incrementar la construcción por medio de innovaciones tecnológicas. Esto significa explorar las innovaciones tecnológicas desde el punto de vista de la eficiencia de la empresa, en términos de su gestión, planificación, etc., como asimismo de los sistemas constructivos utilizados.

2. Costo

La progresiva disminución de los costos permitirá el acceso de una mayor cantidad de personas a su vivienda.

Si bien tradicionalmente ha existido una relación cercana entre costo y calidad, siendo comprensible la diferencia de precio entre distintos estándares —ya que sin duda para alcanzar cierto estándar se requiere la utilización de tecnología comparativamente cara—, en la medida en que las tecnologías se popularizan, su costo se reduce drásticamente (ejemplo de ello son los computadores) y adicionalmente, la investigación y aplicación de tecnologías innovadoras han permitido alcanzar, en ciertos casos, estándares superiores a precios reales menores.

Recuadro 19

CHILE: EXPERIENCIA SOBRE ORGANIZACIÓN DE LA DEMANDA

En este sentido es interesante observar lo sucedido en Chile respecto de la evolución del tamaño y tipo de empresas constructoras que participaban en las licitaciones de viviendas realizadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a través de sus servicios de vivienda y urbanismo (SERVIU) regionales en la década de 1980. Al disminuir drásticamente las obras de construcción en el sector privado, para muchas empresas constructoras locales pequeñas y medianas, que normalmente no participaban en las obras públicas, comenzaron a ser interesantes y rentables las licitaciones de conjuntos de entre 50 y 400 viviendas básicas, que eran las cantidades habituales. Estas empresas que pudieron participar inicialmente de estas obras en forma exitosa, rápidamente quedaron fuera de competencia al aumentar la cantidad de obras licitadas, pero en forma de paquetes y mayoritariamente disgregadas, en un radio de 50 y 100 kilómetros. La licitación en paquetes de obras añadió una dificultad nueva para estas empresas, puesto que consecuentemente al volumen de las obras se les exigió una capacidad instalada y económica superior. De esta manera las empresas regionales de mayor tamaño, que se habían visto postergadas por el escaso volumen de las obras, se reincorporaron al mercado al poco tiempo e incluso tuvieron que disputar su lugar con las empresas mayores de regiones vecinas.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

Sin embargo, también se observan diferencias de valor, producto de la aplicación de diferentes tecnologías, no obstante alcanzan estándares similares. En esta área existe una amplia oportunidad de innovación.

Por último, la incorporación progresiva de tecnologías no contaminantes, es un factor cada vez más recurrente que debe considerarse en los costos.

3. Tiempo

La construcción en menor plazo aumenta la oportunidad de acceso a la vivienda.

El tiempo de construcción tiene relativamente gran influencia en los costos o efectividad del sistema constructivo.

Las actuales tecnologías y fundamentalmente los métodos de organización del trabajo y entrenamiento permiten que el tiempo sea un requerimiento sumamente flexible, pudiéndose realizar obras en horas.

Recuadro 20

ESTADOS UNIDOS: COMPETENCIA EN RELACIÓN CON TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

Un ejemplo de las posibilidades de disminuir los tiempos de construcción se aprecia al examinar los resultados de una competencia llevada a cabo entre dos cuadrillas de obreros de la construcción, pertenecientes a sindicatos de trabajadores de San Diego, California, realizada con el objetivo de demostrar las capacidades de organización y rendimiento de la mano de obra.

La competencia versó sobre la construcción de una vivienda de aproximadamente 300 m2 con un costo de 200 000 dólares con la condición de que no se utilizaran elementos prefabricados y que se hormigonara en terreno, por ejemplo.

La cuadrilla ganadora demoró dos horas cuarenta y cinco minutos, es decir, ciento sesenta y cinco minutos. La cuadrilla perdedora demoró tres horas treinta minutos, es decir doscientos diez minutos.

Fuente: Richard L. Tucker, "Evolución y futuro de la industria de la construcción", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción, junio de 1996.

a) El valor del dinero

En consideración al valor del dinero, llamado habitualmente gasto financiero, un menor tiempo de construcción tiene influencia positiva en el costo final de la vivienda, de modo que en definitiva un menor tiempo de construcción disminuye el costo real de las obras.

b) Oportunidad de construcción

La existencia de climas rigurosos y la ocurrencia de emergencias obliga a considerar sistemas de construcción posibles de ejecutar en breves tiempos.

III. SISTEMAS Y HERRAMIENTAS PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Habiéndose precisado los objetivos de la innovación tecnológica, se pueden abordar dos aspectos: la innovación tecnológica para la creación de nuevos sistemas constructivos, que permitan elevar los estándares de calidad y la innovación para el perfeccionamiento de los sistemas tradicionales a fin de mejorar su productividad.

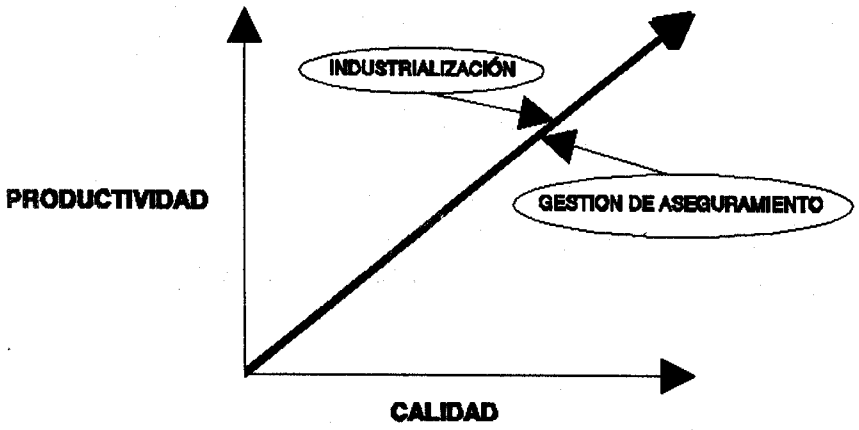
Una desagregación de esta naturaleza permite trabajar en ámbitos distintos, aunque idealmente relacionados entre sí.

Actualmente existen dos herramientas básicas utilizadas en los sistemas productivos en general. Ellas son la **industrialización** y los métodos de **aseguramiento de la calidad**.

Ambas herramientas, en distintos grados o escalones de desarrollo, son plenamente aplicables a los sistemas constructivos, tanto para perfeccionar los actuales como para desarrollar innovaciones (véase el gráfico 3).

Gráfico 3

DIAGRAMA DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA INNOVACIÓN



A. EN LA GESTIÓN

No obstante existir diversas ideas y métodos para denominar a los métodos de aseguramiento de la calidad: control total de la calidad (TQC),[1] reingeniería, gestión total de la calidad (TQM),[2] Benchmarking,[3] ISO 9000, calidad total, construcción limpia, etc., todas consisten en realizar gestiones, apoyadas en métodos y herramientas científicas, con el objeto asegurar, con la máxima eficacia y garantía, que los productos son fabricados idénticamente y bajo las mismas y rigurosas condiciones. Este trabajo tiene como frutos la maximización de la productividad y otorgar confiabilidad al cliente en cualquier mercado.

Recuadro 21

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

La mayoría de la producción que se elaboraba hasta comienzos de este siglo era realizada por artesanos, que en una etapa superior eran guiados por un maestro. Con la aparición de la teoría de la administración científica[a] surgió el control de la calidad, que inicialmente fue ejercido por el inspector jefe. Su evolución llevó a los departamentos de control de calidad.

En los años veinte se idearon herramientas para el control basadas en la aplicación de la estadística al muestreo de la producción, sistema que se denominó "Control estadístico de calidad" (CEC). Este método tendría amplio uso dos decenios después, en la inspección de armas durante la Segunda Guerra Mundial.

El CEC resurgió en Japón en 1950. A partir de los años ochenta se divulgó en occidente, como herramienta básica del "Control total de la calidad" (total quality control), denominado entonces "Control estadístico de procesos" (CEP).

Posteriormente, la búsqueda de calidad adquirió aun mayor importancia, reforzada por la creciente preocupación por la ecología y el medio ambiente. Surgió así la "Garantía de calidad". Las normas de garantía de calidad se originaron en Estados Unidos, y las normas ISO 9000 recogen una versión moderna de aquellos conceptos. El avasallador éxito japonés logrado gracias al uso de los métodos de gestión total de la calidad (TQM), denominado también control total de la calidad (TQC), despertó la preocupación de occidente en el cual empezaron a estudiarse estos métodos, creándose diversas vertientes vigentes hoy, fundadas muchas de ellas en los "14 puntos del método Deming", uno de los cuales expresa que "nada es tan bueno como para no ser mejorado".

Fuente: Raúl Rauter, Calidad con productividad. El desafío de los años noventa y del nuevo milenio (LC/R.1198), Santiago de Chile, CEPAL.

[a] Frederick W. Taylor, The Principles of Scientific Management, 1911.

1. Métodos y normas de aseguramiento de la calidad

Desde la aprobación de las normas ISO de la Serie 9000, el 15 de marzo de 1987 (Pavez García, 1994), la gestión de calidad, entendida como el aseguramiento de la calidad, ha ido ganando terreno progresivamente en el mundo empresarial occidental. El sector de la construcción, aunque a un ritmo menor, no ha estado ajeno a ello.

Recuadro 22

ALEMANIA: APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 9002

En la actualidad todas las empresas constructoras alemanas de obra gruesa cuentan con la certificación de la norma ISO 9002. Esta práctica se está difundiendo progresivamente en toda Europa y se espera que en breve tiempo constituya una exigencia básica para poder trabajar en el mercado europeo.

Fuente: Dieter Mittelmann, "Tendencias tecnológicas y de gestión. Caso europeo", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción, junio de 1996.

En el campo de la construcción, la aplicación de normas o procedimientos de aseguramiento de la calidad tienen adicionalmente las siguientes potencialidades: permiten lograr un producto de características homogéneas, que ello se realice con la mayor eficacia, que los sistemas tengan menor impacto negativo en el medio ambiente y que se optimice progresivamente el uso de energía. Todo ello contribuye sustantivamente a las oportunidades de competir en los mercados desarrollados.

"La incorporación de modernos sistemas de organización y manejo de empresas, junto a adecuadas herramientas técnicas permiten, sin grandes inversiones, mejoramientos sustanciales de calidad y aumentos de productividad.

"La excelencia en calidad y el mejoramiento continuo de la productividad deberán constituirse en tarea primordial de las empresas, tanto productivas como de servicios, de modo de asegurar su participación en los mercados internos y externos, cada vez más competitivos y exigentes" (Pavez García, 1994).

a) Método Deming

William Edwards Deming nació en Estados Unidos en 1900, y revolucionó los procesos productivos, inicialmente en Japón, a través del "Método Deming" (Gitlow y Gitlow, 1994), que contempla 14 puntos y que constituyen la base de muchos de los métodos de gestión de calidad actualmente vigentes.

Síntesis de los 14 puntos:

1 El desarrollo de las metas y la filosofía de la organización

Generar constancia en cuanto al propósito de mejorar un producto y servicio con un plan para ser competitivos, permanecer en el negocio y ofrecer empleo.

2 Comprensión de la filosofía del mejoramiento incesante

Es necesario adoptar la nueva filosofía. Ésta es una nueva era económica. No se puede seguir conviviendo con los niveles comúnmente aceptados de demoras, errores, materiales defectuosos y mano de obra deficiente.

3 Mejoramiento incesante en vez de inspección masiva

Dejar de depender de la inspección masiva, en su lugar, exigir pruebas estadísticas de que la calidad es inherente, a fin de eliminar la necesidad de hacer inspecciones masivas.

4 Cambio en la filosofía de compras

Poner fin a la práctica de otorgar contratos con el criterio del precio. En su lugar, emplear medidas significativas de la calidad, junto con el criterio del precio. Avanzar hacia un solo proveedor por artículo, en una relación de lealtad y confianza a largo plazo.

5 Mejoramiento del sistema

Mejorar constantemente y para siempre el sistema de producción y de servicio, para mejorar la calidad y la productividad y así reducir los costos constantemente.

6 Institución de métodos modernos de capacitación

7 Supervisión incesante del mejoramiento

8 Erradicación del temor

Erradicar el temor para que todos trabajen eficientemente por la empresa.

9 Eliminación de las barreras organizacionales

Eliminar las barreras organizacionales, todos deben trabajar como equipo para prever los problemas y resolverlos.

10 Reemplazo de las metas numéricas, los carteles y los lemas, por el mejoramiento incesante

Eliminar metas numéricas, carteles y lemas para la fuerza de trabajo que busque nuevos niveles de productividad sin ofrecer métodos.

11 Reemplazo de la administración por cifras por el mejoramiento incesante

12 Fomento del orgullo por la labor

Eliminar barreras que le impiden al empleado sentirse orgulloso por su labor.

13 Educación y recapacitación para todos

14 Estructuración para el mejoramiento incesante

Crear una estructura que impulse los 13 puntos anteriores todos los días.

b) Las normas ISO[5] de la Serie 9000

Las normas ISO de la Serie 9000 fueron elaboradas por el Comité de aseguramiento de la calidad (quality assurance) y aprobadas por el Consejo ISO en 1987.

El propósito principal que se ha tenido para elaborar esta serie de normas es establecer fundamentalmente un mecanismo de aseguramiento de la calidad, como asimismo de la confiabilidad de las estructuras internas empresariales y de las relaciones externas con los clientes.

ISO 9000

Normas de la gestión de calidad y aseguramiento de la calidad. Guía para la selección y uso.

Entrega elementos esenciales para poner en acción una política de aseguramiento de la calidad. Establece gráficamente las relaciones entre las definiciones de gestión de calidad, sistema de calidad, control de calidad y aseguramiento de la calidad.

ISO 9001

Sistemas de calidad. Modelo de aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

Esta norma es aplicable en los siguientes casos:

a) El contrato establece específicamente que los aspectos relativos al diseño y los requisitos del producto estén definidos principalmente en términos de funcionamiento, o sea necesario establecerlos.

b) La confianza en la conformidad del producto puede ser lograda a través de una demostración apropiada de la capacidad del proveedor en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

ISO 9002

Sistemas de calidad. Modelo de aseguramiento de la calidad en la producción e instalación.

Esta norma es aplicable en los siguientes casos:

a) Los requisitos especificados para el producto están establecidos según un diseño o una especificación.

b) La confianza en la conformidad del producto puede lograrse mediante una demostración adecuada de la capacidad del proveedor en relación a producción e instalación.

ISO 9003

Sistemas de calidad. Modelo de aseguramiento de la calidad en la inspección y ensayos finales.

Es aplicable cuando la conformidad con los requisitos especificados debe ser asegurada por el proveedor solamente en la inspección y ensayos finales.

ISO 9004

Gestión de calidad y elementos del sistema de calidad. Directrices generales.

Entrega orientaciones sobre los factores técnicos, administrativos y humanos que afectan la calidad de los productos o servicios en todas las etapas vinculadas a la calidad, desde la detección hasta la satisfacción de las expectativas del consumidor.

ISO 9004-2

Gestión de calidad y elementos del sistema de calidad, Parte 2, guía para los servicios.

B. EN LA PRODUCCIÓN

Sin duda el cambio más trascendental de los procesos productivos de los últimos siglos ha sido la revolución industrial, que introdujo una serie de innovaciones tecnológicas fundamentales que constituyeron la base de los métodos modernos de producción.

Pese a que la mayoría de los sistemas de producción utilizan métodos modernos, gran parte de los sistemas de construcción preponderantes de la región utilizan artesanos o usan fundamentalmente materiales elaborados de manera artesanal, o emplean una combinación de ambos elementos.

1. Industrialización

Una excelente definición global de industrialización es: **"la utilización de tecnologías que sustituyen la habilidad del artesano por el uso de la máquina"** (Blanchère, 1977).

Con arreglo a esta definición, debemos entender que la máquina permite fabricar un producto de determinadas características —las requeridas o deseadas— con la ventaja de poder producirlo repetidamente y en cantidades superiores a las logradas artesanalmente, manteniendo o mejorando sus condiciones cualitativas. La producción repetida y en cantidad supone una disminución del costo.

Tradicionalmente la cantidad de unidades iguales está asociada a la disminución del costo, lo que se denomina "economías de escala". La exigencia de grandes volúmenes de producción idéntica, necesaria para amortizar la inversión de las máquinas y principalmente moldajes y matrices, limitaba la diversidad del producto. Sin embargo, la incorporación de la computación en los procesos productivos y particularmente la posibilidad de modificar rápidamente las matrices de producción mediante la utilización de robots, ha permitido flexibilizar enormemente la producción de modo que actualmente la unidad repetida no es un requerimiento relevante en la producción industrial.

En este sentido, la utilización de la computación en la construcción tiene y tendrá importantísimas repercusiones, tanto en la gestión como en la cadena de producción de viviendas y se ha constituido en la herramienta más poderosa y versátil.

La mayor exigencia para la industrialización es la necesidad de producir una cantidad de objetos que permitan amortizar la inversión efectuada en la máquina, de modo que a la vez que se logra una producción mayor, ésta conlleve un costo adecuado para el producto. Toda inversión es viable en relación con los beneficios que ésta reporte en su contexto respectivo.

Recuadro 23

FRANCIA: EJEMPLO DE INCORPORACIÓN DE LA COMPUTACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

En Francia, algunas industrias fabricantes de elementos de hormigón armado han incorporado la computación en sus procesos productivos y así han logrado elaborar algunos elementos prácticamente sin restricción de diseño. Un ejemplo de ello es la fabricación de losas pretensadas sobre matrices de metal. La fabricación se realiza primeramente colocando y tensando los alambres del pretensado sobre una matriz de metal de unos tres metros de ancho, que hace las veces de moldaje inferior. En seguida se pasa una máquina trazadora que dibuja sobre la matriz los diseños de las losas previamente hechos mediante programas asistidos por computadora. En seguida un trabajador recorre la matriz colocando piezas de poliestireno expandido, ajustándolas al trazado, a modo de moldajes laterales. Posteriormente una máquina hormigonera recorre la matriz vaciando el hormigón, haciéndolo vibrar según el programa de trazado. Para lograr un fraguado rápido se le agregan aditivos al hormigón y una vez que se ha cumplido el tiempo necesario, se cortan los cables del pretensado y se levantan los trozos de losas para su almacenamiento y posterior distribución.

Fuente: CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

En el marco de la definición de industrialización inicialmente enunciada, podemos distinguir diversas etapas respecto de la evolución de herramientas y máquinas. A partir de la utilización de herramientas manuales se desarrollaron herramientas mecanizadas simples hasta llegar a la tecnología hoy utilizada en algunos procesos que incorporan la computación, utilizando robots y complejos mecanismos de autorregulación, control y telecomando.

De esta manera, la evolución de la industrialización establece su paradigma en el reemplazo de la mano de obra por procesos completamente automatizados y telecomandados.

Recuadro 24

JAPÓN: EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN

Dado el uso intensivo de la computación en una gran variedad de procesos productivos y de servicios, es perfectamente posible imaginar que la participación del hombre quede reducida a la supervisión de los procesos de todas las tareas de la edificación, de la siguiente manera:

Diseño: Desde hace años se puede hacer el diseño completo de una vivienda utilizando un programa de computación. Existe la posibilidad de trabajar sobre diseños existentes en bases de datos y bibliotecas que pueden ser modificados por los usuarios, de conformidad con ciertas pautas cuyas limitaciones son cada vez menores.

Fabricación: La construcción de viviendas utilizando mecanismos completamente automatizados, cuyas líneas de producción robotizadas son alimentadas con instrucciones provenientes del programa de diseño arquitectónico definido previamente conjuntamente con el cliente.

Montaje: Transporte y montaje de una vivienda realizada mediante robots telecomandados.

A continuación se describen dos ejemplos de la aplicación de procesos automatizados en Japón.

1. Se construyen viviendas unifamiliares prefabricadas con estructura de madera, utilizando mecanismos completamente automatizados, cuyas líneas de producción robotizadas son alimentadas con instrucciones provenientes de un diseño previamente definido conjuntamente con el cliente, sobre la base de elementos obtenidos de una biblioteca de proyectos.

2. Se han construido edificios (tres o cuatro) de varios pisos, mediante procesos totalmente automatizados. Se ha ocupado el 10% de la mano de obra utilizada habitualmente en dichas obras, que han requerido una larga y compleja planificación.

Fuente: Richard L. Tucker, "Evolución y futuro de la industria de la construcción", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción, junio de 1996.

a) Industrialización en los sistemas constructivos

Los sistemas constructivos están compuestos básicamente por cinco elementos: **proyectos, planificación y gestión, materiales e insumos, herramientas y equipos y mano de obra**. Se agrega un sexto aspecto común a todos ellos: el **control** que debe existir sobre cada uno de ellos.

Recuadro 25

FRANCIA: PARADIGMA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

En Francia, se ha logrado el máximo objetivo de la tecnología de la construcción con la edificación de una vivienda compuesta íntegramente por partes y elementos industrializados, que fueron ensamblados en faena seca en terreno.

Sin embargo, el 90% de las viviendas de baja altura se construye utilizando albañilería, pero todos los insumos de ésta están certificados y son producidos en forma industrial.

Fuente: CEPAL, sobre la base de Michel Chatry, presentación ante la Cámara Chilena de la Construcción, Santiago de Chile, 15 de mayo de 1995.

Gráfico 4

ESQUEMA ANÁLISIS DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

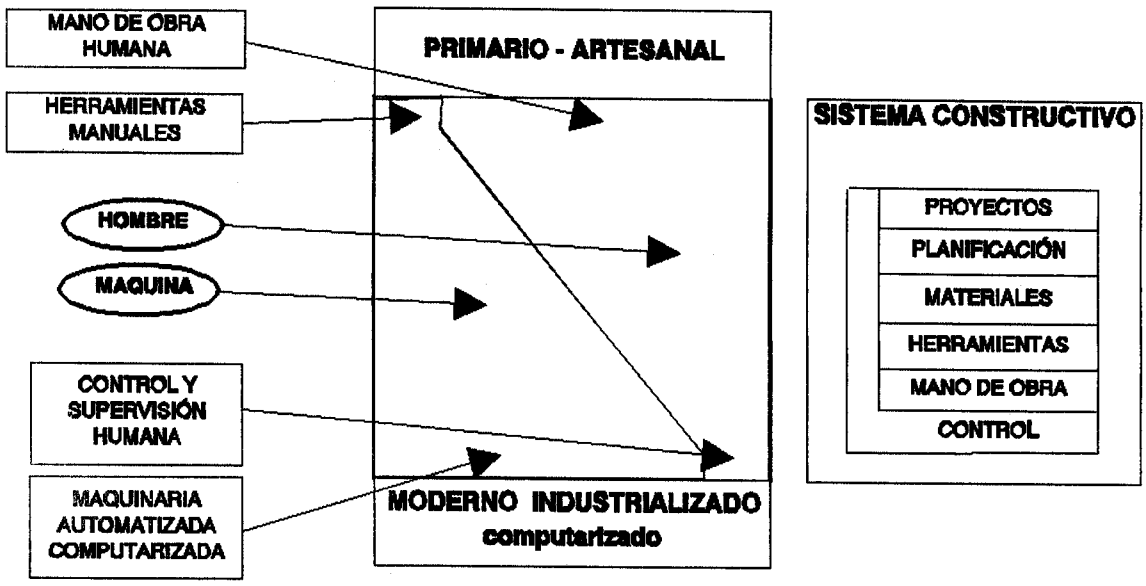
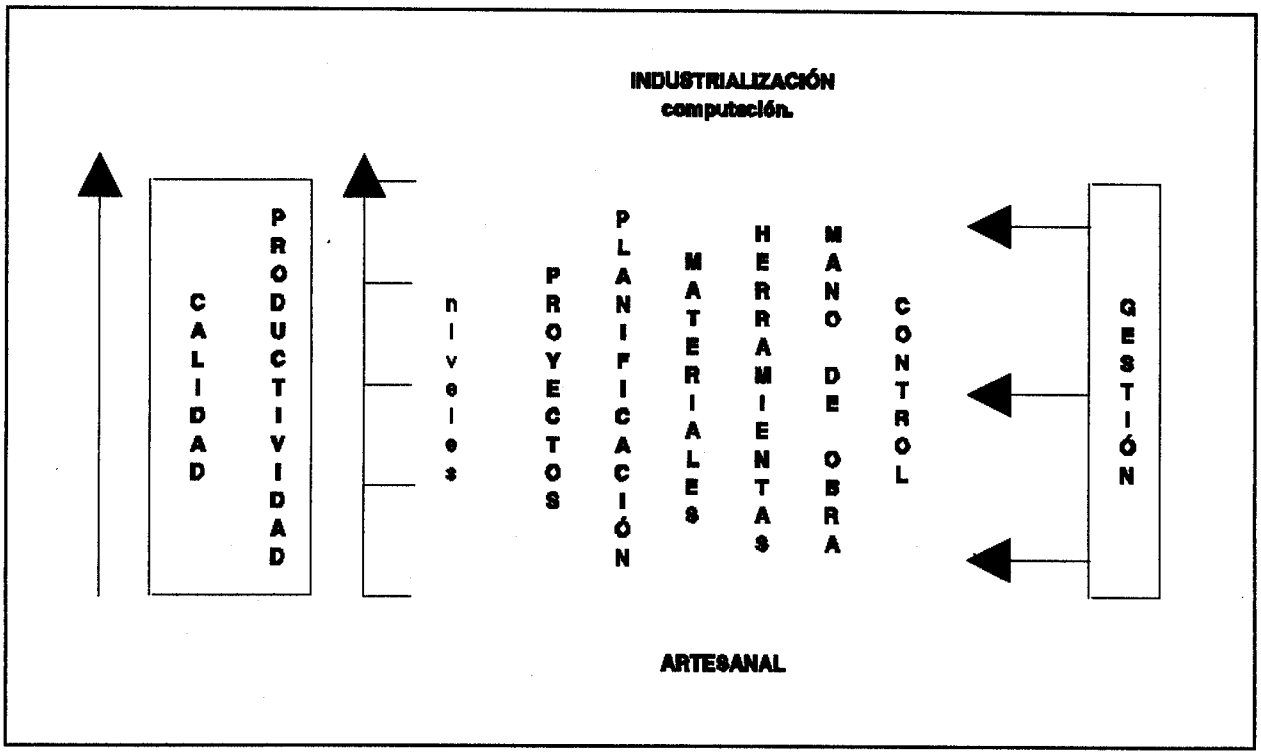


Gráfico 5

DIAGRAMA DE RELACIONES POTENCIALES EN UN SISTEMA CONSTRUCTIVO



En cada uno de estos elementos se pueden distinguir diversos grados de industrialización, es decir, distintos niveles en que intervienen las máquinas en reemplazo de la habilidad del hombre. En el marco de este análisis, podemos construir un esquema que permita graficar el grado de industrialización del sistema constructivo respectivo, al establecer niveles de industrialización para cada uno de los componentes de dicho sistema.

Si bien en el contexto del desarrollo de la industrialización de la región, la aplicación rígida de este paradigma puede llevarnos a adoptar decisiones equivocadas, el análisis efectuado con esta óptica estimula la innovación al caracterizar los componentes y su desarrollo potencial.

De esta manera, el esquema constituye una segunda matriz de análisis del sistema constructivo —después de los requerimientos iniciales: calidad y productividad— sobre la cual se puede trabajar para hacer un análisis más profundo, en cuanto a poder visualizar alternativas de industrialización de un determinado proceso.

Este esquema es útil para analizar comparativamente cada uno de los sistemas constructivos, y si bien la tendencia mundial se orienta hacia una mayor industrialización, ésta no constituye necesariamente la meta de cualquier innovación. Las realidades o ventajas comparativas locales que se tengan en cualquiera de los componentes señalados deben ser consideradas al evaluar la viabilidad del sistema: abundante mano de obra, tipo de material, divulgación de cierta tecnología, etc.

Parte sustantiva de la tendencia a la industrialización se fundamenta en que a mayor grado de industrialización es posible obtener una mayor productividad con una mejor calidad. En algunos casos ello es absolutamente válido, toda vez que la obtención de determinada calidad está directamente ligada a procesos de alto contenido tecnológico.

b) Prefabricación en la construcción

La actividad de la construcción tiene obviamente muchas particularidades respecto de la fabricación de otros productos. Una de ellas es que se trata de un producto —excluidas las casas móviles o rodantes— que se fija definitivamente en un lugar concreto y que a ese lugar concurren materiales, insumos, mano de obra, procedimientos, tecnologías, etc.

Por diversas razones —escasez del producto, economías de producción, sistemas de fabricación, etc.— la mayoría de las veces una gran cantidad de materiales o partes son fabricados lejos del lugar de la obra, para luego ser ocupados o ensamblados en el terreno. De esta manera, es posible distinguir procesos de producción —con mayor o menor trascendencia— en obra y otros en fábrica. En este ámbito se habla de prefabricación en diferentes grados, incluso de prefabricación en fábrica y en terreno.

La prefabricación ocupa un capítulo importante en la construcción, y se ha acumulado un gran caudal de información sobre ella, que permite distinguir básicamente entre la prefabricación abierta o de componentes compatibles, que es la que impera actualmente en los mercados desarrollados y la prefabricación cerrada, normalmente también llamada pesada, prácticamente obsoleta. Existe también un amplio campo para la prefabricación en obra.

IV. ESCALONES DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS Y SU APLICACIÓN EN TRES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

A. ESCALONES DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

Una manera de establecer escalones de evolución de los sistemas constructivos, consiste en definir niveles o estadios de industrialización para los diferentes componentes del sistema constructivo.

Este tipo de análisis permite comparar el grado de evolución entre distintos sistemas constructivos, como también visualizar las innovaciones tecnológicas potenciales para cada uno de los componentes.

Los escalones o niveles de industrialización están correlacionados con parámetros de calidad y productividad. Es decir, la aplicación de una tecnología (escalón de industrialización) se relaciona con la obtención de una determinada calidad y de cierta productividad. El estudio y determinación precisa de esta correlación es fundamental, por cuanto permite establecer objetivos y alcances precisos de las innovaciones tecnológicas necesarios para alcanzar distintos estándares de productividad y calidad.

Por otra parte, la evaluación del costo de la implementación de una tecnología en particular —asunto que dependerá fundamentalmente de las condiciones locales— permite determinar el grado de viabilidad de dicha innovación.

Para efectos de visualizar las posibilidades y potencialidades de un análisis de esta naturaleza, se exponen como ejemplo aplicaciones simplificadas sobre tres sistemas constructivos habituales en la región: carpintería, albañilería y hormigón armado. Para este análisis se definen diversos grados de industrialización —escalones de innovación tecnológica— para cada uno de los componentes del sistema constructivo.

1. Diagrama de escalones en las innovaciones tecnológicas

Los escalones de innovaciones tecnológicas —"estadios tecnológicos"— no están necesariamente asociados a los sistemas constructivos en particular, de manera que en un primer intento es perfectamente posible definir ciertos grados o escalones comunes, independientes del sistema constructivo evaluado. Esta simplificación es particularmente útil para visualizar los escalones de innovación y la correlación entre ellos.

De acuerdo con lo anterior se puede construir una matriz básica de escalones de innovaciones, relacionados con cada componente del sistema constructivo, independientemente del material que éste use.

Cuadro 4

ESCALONES DE TECNOLOGÍAS

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN		1	2	3	4	5
Proyectos	P	P1	P2	P3		
Planificación y gestión	PG	PG1	PG2	PG3	PG4	
Materiales e insumos	M	M1	M2	M3	M4	M5
Herramientas y equipos	HE	HE1	HE2	HE3		
Mano de obra	MO	MO1	MO2	MO3	MO4	
Control	C	C1	C2	C3	C4	

Para cada sistema constructivo, un escalón o estadio tecnológico presenta además una gran variedad de alternativas en cuanto a materiales, tecnologías, herramientas, procedimientos, etc.; normalmente los más variados son los materiales e insumos y herramientas y equipos.

2. Descripción de escalones

a) Proyectos

P 1 Proyecto y planificación realizados con instrumentos manuales.
P 2 Proyecto y planificación realizados computacionalmente, programas de diseño asistido por computadora (CAD) y otros.
P 3 Proyecto y planificación computacional, incorporada a los procesos productivos.

b) Planificación y gestión

PG 1 Planificación y gestión verbales.
PG 2 Planificación y procedimientos escritos.
PG 3 Planificación y procedimientos computacionales.
PG 4 Planificación y gestión de la garantía de calidad.

c) Materiales e insumos

M 1 Materiales básicos artesanales.
M 2 Materiales básicos artesanales e industrializados.
M 3 Materiales básicos industrializados.
M 4 Materiales básicos industrializados y componentes prefabricados.
M 5 Componentes prefabricados.

d) Herramientas y equipos

HE 1 Herramientas manuales.
HE 2 Herramientas mecanizadas.
HE 3 Herramientas computarizadas, robotizadas, telecomandadas.

e) Mano de obra

MO 1 Sin capacitación específica y uso intensivo de mano de obra.
MO 2 Con capacitación y responsabilidad específica.
MO 3 Mano de obra mayoritariamente especializada, que ejecuta especialmente faenas de montaje y armado.
MO 4 Mayoritariamente en el control y supervisión de los procesos.

f) Control y supervisión

C 1 Sistemas de control manual y supervisión ocular.
C 2 Técnicas de control estadístico y ensayos.
C 3 Sistemas de control computarizados y ensayos acreditados.
C 4 Colaboración de sistemas externos de control acreditados.

3. Caracterización de los escalones de innovación

a) Nivel 1

P 1 Los proyectos y la planificación son ejecutados con instrumentos manuales. Esta modalidad presenta la ventaja del empleo de simples elementos de dibujo en la elaboración de los proyectos y la planificación, pudiendo tener los equipos e instrumentos diferentes grados de sofisticación y complejidad. Se requieren revisiones visuales exhaustivas, necesarias para la coordinación entre los planos de una misma especialidad y más aún, entre los planos de diferentes especialidades y la planificación de las obras. Al momento de realizar las modificaciones es necesario borrar y rehacer manualmente los cambios, con todas las consiguientes coordinaciones necesarias entre las diferentes especialidades que participen.

PG 1 La planificación de las obras y su ejecución mediante procedimientos verbales tiene como resultados habituales gran confusión, improvisación, ineficiencias y, por consiguiente, grandes pérdidas de tiempo y recursos.

M 1 Los materiales básicos son fabricados de manera artesanal y con precario o nulo control de calidad. Este procedimiento presenta grandes limitantes en cuanto a la calidad y productividad de las obras.

HE 1 Herramientas y equipos manuales.
Se utilizan exclusivamente herramientas y equipos manuales, que exigen la participación de gran cantidad de mano de obra. Por otra parte, la precisión en la utilización de herramientas manuales dependerá de la habilidad del obrero, de modo que la falta de capacitación o experiencia del maestro influirá en el volumen de la pérdida de materiales y la inexactitud en las faenas. A su

vez, la utilización de herramientas y equipos manuales presenta grandes limitaciones respecto de la realización de soluciones complejas, como también y fundamentalmente, respecto del rendimiento de la mano de obra.

MO 1 La mano de obra sin capacitación o de baja capacitación tiene limitantes importantísimas sobre el rendimiento de las personas, aspecto que se incrementa en relación con el grado de complejidad que requieren ciertas faenas. Asimismo, la capacitación aumenta el grado de responsabilidad que se puede otorgar al trabajador para el cumplimiento de las faenas.

C 1 La carencia de sistemas de control de las obras tiene fuerte incidencia negativa, tanto en el esfuerzo para alcanzar el estándar requerido, como en el cumplimiento de los plazos y del rendimiento de las obras, lo que normalmente encarece la construcción.

b) Nivel 2

P 2 Los proyectos ejecutados con asistencia computacional presentan sustantivas ventajas en cuanto a los tiempos de elaboración, como también respecto de la coordinación de las especialidades. Esto se traduce en que se trabaja sobre una misma plataforma, utilizando bases de datos y extensas bibliotecas comunes. También facilita la tarea al momento de efectuar modificaciones y las coordinaciones posteriores. Asimismo permite alcanzar mayores niveles de precisión, realizar faenas y planificaciones más complejas, lográndose coordinar mayor cantidad de partidas e intervenciones.
Actualmente existen programas computarizados en dos y tres dimensiones, presentando estos últimos mayores ventajas aún, al permitir una mejor coordinación y visualización de las obras.

PG 2 Los métodos de planificación de las obras y los procedimientos escritos permiten alcanzar mayor eficiencia en la distribución y organización del trabajo. Existen diversos métodos de planificación y divulgación de procedimientos; todos ellos son similares y perfectibles de acuerdo con la cultura y necesidades particulares y presentan enormes ventajas sobre la improvisación.

M 2 Materiales básicos artesanales e industrializados.
La incorporación de materiales industrializados, sean éstos confeccionados en terreno o en fábrica, presenta la ventaja de que su calidad normalmente es homogénea, normalmente sus características son mucho mejores con lo que se minimiza su control, lo que a su vez otorga mayor confiabilidad para su uso.

HE 2 El trabajo con herramientas mecanizadas presenta grandes ventajas en términos de aumentar la precisión en las labores e incrementar el rendimiento de la mano de obra, si bien disminuye su utilización. Requiere mayor inversión en máquinas y es necesario considerar los costos de mantención y operación de las mismas.

MO 2 En la medida de que la mano de obra esté capacitada podrá realizar faenas de mayor complejidad, en menor tiempo y con mayor precisión.

C 2 Los sistemas de control estadístico de las obras permiten aumentar el rendimiento y cumplimiento de los plazos, como asimismo mejorar la calidad.

c) Nivel 3

P 3 Los proyectos ejecutados con asistencia computacional y relacionados con los procesos productivos aumentan la productividad y tienen importantes incidencias en los tiempos de producción, como asimismo en la flexibilización del diseño de los productos. Requieren una infraestructura adecuada y coordinada.
El trabajo computacional en redes permite la participación simultánea de los diferentes especialistas en un mismo proyecto. Esta tecnología ha logrado el avance de los proyectos durante las 24 horas del día, pues permite incorporar en el trabajo a personas ubicadas en zonas pertenecientes a otros husos horarios (trabajo intercontinental) si bien se requieren en este caso mayores esfuerzos en la planificación.

PG 3 Planificación y procedimientos computacionales.
La incorporación de la computación a la planificación, la gestión y los procedimientos, ha tenido gran influencia positiva en el aumento de eficiencia en las obras, pues permite intercomunicar a todos los participantes de la faena en línea, obtener información actualizada y ofrece la posibilidad de retroalimentación permanente.
Un ejemplo de ello es la incorporación de los códigos de barra para todos los participantes de una obra, incluidos los seres humanos, tecnología que ha facilitado muchísimo el control de las obras, su seguimiento y evaluación en línea de manera instantánea.

M 3 Materiales básicos industrializados.
Los materiales industrializados, sean éstos elaborados en la industria o en terreno, presentan enormes ventajas respecto de las posibilidades de control de las particularidades y características del producto, como también del procedimiento de elaboración. Ello tiene consecuencias positivas por cuanto permiten aumentar la productividad y disponer de materiales de mejor calidad, lo que hace más fácil su utilización y aumenta su confiabilidad.
La eventual certificación de estos materiales presenta beneficios respecto de la confiabilidad y garantías en su uso.

HE 3 Herramientas y equipos computarizados, robotizados o telecomandados, o manejados empleando ambos procedimientos.
Las herramientas o equipos que tienen incorporados sistemas de autorregulación: niveles, potencia, dimensiones, etc., conocidos normalmente como robotizados, unidos sistemas de telecomunicación, han facilitado enormemente el trabajo, particularmente en aquellas faenas repetitivas o de gran riesgo, o que presentan ambas características. Estas tecnologías, particularmente en el caso de las faenas repetitivas, han permitido incrementar varias veces la productividad tradicional.

MO 3 Mano de obra especializada que ejecuta especialmente faenas de montaje y armado.
Se simplifican así las labores en terreno y se requiere el conocimiento preciso de las operaciones de montaje y armado. Si bien esta mano de obra tiene un costo mayor, su rendimiento es comparativamente más rentable.

C 3 Con sistemas de control computarizados.
El control asistido por instrumentos de computación permite manejar y conocer una gran cantidad de variables en un tiempo menor y por ende tomar decisiones oportunamente sobre calidad y productividad.

d) Nivel 4

PG 4 Planificación y gestión de calidad y aseguramiento de la calidad.
Los métodos de aseguramiento de la calidad han tenido enormes y fundamentales influencias en los logros y en el avance de la producción en los países industrializados, han demostrado su gran eficacia y han mejorado sustantivamente la productividad de las empresas, con altos niveles de confiabilidad.
Si bien los métodos de gestión de calidad y aseguramiento de la calidad en el campo de la construcción son incipientes en América Latina y el Caribe, en los países desarrollados han tenido gran divulgación y se han constituido en un requisito para las empresas contratistas de "obra gruesa".

M 4 Materiales básicos industrializados y componentes prefabricados.
La incorporación de componentes prefabricados, en la industria o el terreno, permite la reducción de faenas en la obra y asegura una calidad estable y predeterminada.

MO 4 Participación mayoritaria en el control de los procesos.
La reducción de las tareas manuales y el aumento de las de control y supervisión de los procesos, minimiza las posibilidades de error, disminuyen los puntos críticos, da como resultado faenas más limpias, rápidas y seguras.
Requiere naturalmente una capacitación específica y acabada sobre el proceso.

C 4 Con colaboración de sistemas externos de control.
La delegación del control de las obras a personas o instituciones externas facilita el trabajo de supervisión y otorga mayor credibilidad a esta labor. A su vez, la oportunidad de retroalimentación es mayor, al delegarse las funciones de contralor y evaluación.

e) Nivel 5

M 5 Componentes prefabricados.
La utilización exclusiva o mayoritaria de componentes prefabricados permite reducir las faenas en el terreno y alcanzar además los más altos índices de confiabilidad del producto. Este procedimiento tiene enormes beneficios para la productividad y calidad de la obra.
La eventual certificación de estos materiales presenta beneficios adicionales respecto de confiabilidad y garantías en su uso.

4. Correlación entre niveles

Existe una correlación entre ciertos escalones de los distintos componentes, de modo que para una implementación óptima y eficaz de una innovación determinada en un componente, se requiere eventualmente trabajar también sobre la innovación en relación con otros componentes del sistema constructivo. El desfase en la correlación de los escalones en los componentes del sistema constructivo dificulta el adecuado funcionamiento del mismo y disminuye la eficacia de la innovación del escalón(es) más avanzado(s) a la vez que disminuye la optimización de la inversión que se ha destinado a ese fin.

Si bien los límites de la correlación en algunos casos pueden no ser muy precisos, en otros las características de complejidad, productividad, etc., son más evidentes, de modo que se requiere que el nivel de los componentes sea el adecuado. No es posible que las herramientas complejas sean manejadas por personas sin capacitación o manejar sistemas de proyectos computarizados si se cuenta con materiales artesanales, etc., por citar algunos ejemplos.

Cuadro 5

EJERCICIO DE CORRELACIÓN DE ESCALONES DE INNOVACIÓN

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
Proyectos (P)	P1 [a]	P2 [b]	P3		
Planificación y gestión (PG)	PG1 [a]	PG2 [a]	PG3 [b]	PG4	
Materiales e insumos (M)	M1 [a]	M2 [b]	M3 [b]	M4	M5
Herramientas y equipos (HE)	HE1 [a]	HE2 [b]	HE3		
Mano de obra (MO)	MO1 [a]	MO2 [b]	MO3	MO4	
Control (C)	C1 [a]	C2 [b]	C3	C4	

X1 [a] Sistema básico.
X1 [b] Sistema medio.
X1 Sistema avanzado.

5. Componentes estables, afines o variables

Los componentes de un sistema constructivo se pueden agrupar en tres clases, dependiendo de las alternativas que ofrece cada uno de los escalones en relación con el sistema de construcción.

De esta manera, los sistemas de construcción tienen mayores particularidades o diversidad respecto de los componentes **materiales** y **herramientas y equipos** —clasificados como "variables"— relativamente menores sobre **proyectos, planificación y gestión** y **control** —clasificados como "estables"— y relativamente dependientes en el caso de la **mano de obra** —clasificada como "afín".

Así, la utilización de un escalón determinado en los componentes "estables" es indiferente o relativamente indiferente respecto del sistema de construcción. La confección de los proyectos o realización de la planificación utilizando sistemas computacionales no tiene estrecha relación con un determinado sistema de construcción y su aplicación tiene beneficios para cualquiera sea éste. Cosa similar ocurre con los componentes planificación y gestión y control.

Los componentes "variables" —materiales y herramientas y equipos— tienen una estrecha relación con el sistema de construcción y existen muchísimas alternativas en cada escalón.

Distinto a las dos clasificaciones anteriores es el caso de la mano de obra. Las características de participación y capacitación de la mano de obra están relacionadas tanto con el escalón de innovación como con el sistema de construcción en particular. Para algunos sistemas se requiere una capacitación específica —carpintería y albañilería por nombrar los clásicos— pero ésta también dependerá de la complejidad de las faenas, lo que a su vez eventualmente tiene relación con el grado de prefabricación y tecnología que la faena involucre. Por otra parte, algunos conocimientos son útiles para cualquier

sistema de construcción. Es el caso de las matemáticas, geometría, estadística, cálculo, etc. La importancia de este aspecto y la necesidad de contar con mano de obra más versátil y flexible ha motivado la capacitación multidisciplinaria llamada "polivalente". Ésta tiene por objetivo contar con mano de obra capaz de realizar una gran cantidad de faenas, de modo que no sea necesario cambiar de personal para ejecutar diferentes especialidades.

B. TRES EJEMPLOS DE ESCALONES DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

Para la visualización de los diferentes escalones —todos enunciados a modo de ejemplo— se precisan las alternativas para los componentes **materiales** y **herramientas y equipos**, debido a que éstos presentan mayor diversidad y determinan la diferencia fundamentalmente entre un sistema de construcción y otro.

1. Albañilería

Para efectos de este ejemplo se especifica una vivienda construida en albañilería confinada entre elementos de hormigón armado, pilares y cadenas, fundaciones de hormigón, estructura de techo en base a cerchas y cubierta de planchas. La especificación del tipo de ladrillo o bloque, el tipo de cercha y las planchas de cubierta no es relevante para este ejemplo.

a) Escalón correspondiente al nivel 1

M 1 Los materiales básicos son fabricados de manera artesanal y con precario control de calidad.
Ladrillos: producidos artesanalmente, en algunos casos en las proximidades de la obra. La calidad de los ladrillos es normalmente baja y con variaciones apreciables.
Hormigones: son elaborados in situ, utilizando áridos seleccionados artesanalmente. La calidad de éstos es baja, con variaciones importantes en su limpieza y tamaño. El agua utilizada es variable y no se controla su composición.
Fierro: puede utilizarse fierro sin control de calidad ni especificación.
Maderas: elaboradas mediante aserrado, sin control de su resistencia, humedad, dimensionamiento, etc.

HE 1 Se utilizan exclusivamente herramientas manuales y se requiere la participación de gran cantidad de mano de obra.
Ejemplos son las excavaciones a pala, mediciones con huincha y plomo, vibrado de los hormigones con piso y mazo, compactación con pisón, clavado con martillo manual, traslado de materiales con carretilla o al hombro, etc.
Moldajes de madera aserrada, mezcla de hormigones a pala sobre cancha de tierra, construcción de cerchas in situ, etc.

b) Escalón correspondiente a nivel 2

M 2 La incorporación de materiales industrializados, sean éstos confeccionados en terreno o en fábrica presenta la ventaja que se asegura normalmente una calidad homogénea, con lo que se minimiza su control y aumenta su confiabilidad. Ejemplos de esto son los ladrillos hechos a máquina, hormigones premezclados, enfierraduras prearmadas, morteros predosificados, maderas elaboradas y tratadas, etc.

HE 2 El trabajo con herramientas mecanizadas presenta las grandes ventajas de aumentar la precisión en las labores y el rendimiento de la mano de obra.
Como ejemplos se puede citar la confección de hormigones con betonera, excavaciones con máquinas, compactación mecánica del terreno, mediciones con sistemas electrónicos, vibrado del hormigón con vibrador mecánico, clavado con martillos neumáticos, atornilladores eléctricos, taladro eléctrico, sierras eléctricas, bancos de sierra eléctricos para corte y pulido, elevación de materiales con grúas o elevadores eléctricos, matrices hidráulicas para elementos prefabricados, etc.

c) Escalón correspondiente a nivel 3

M 3 La utilización de materiales básicos mayoritariamente industrializados presenta ventajas por la calidad homogénea de los mismos, lo que tiene importantes beneficios en la calidad y productividad de la obra.
Entre éstos cabe mencionar los ladrillos industrializados, hormigones premezclados, maderas tratadas, planchas certificadas, etc.

HE 3 El uso de herramientas y equipos que cuenten con mecanismos de autorregulación, presenta beneficios en cuanto a la calidad y la productividad. Es el caso de los dosificadores programables, las herramientas con regulación de intensidad, herramientas o equipos de terminación de hormigones y de pavimentación autonivelantes, etc.

d) Escalón correspondiente a nivel 4

M 4 La incorporación de elementos prefabricados disminuye las faenas de construcción y otorga mayor confiabilidad por la calidad homogénea de la obra.
Es el caso de los elementos prefabricados de hormigón armado para fundaciones, pilares y cadenas, estructuras de techo prefabricadas, instalaciones predimensionadas, incluso la posibilidad de contemplar paños menores de albañilería prefabricados.
Este escalón es el superior para este sistema constructivo, dada las restricciones para prefabricar elementos completos de albañilería.

e) Estimación del estado de industrialización de la albañilería en la región

La estimación de los grados de industrialización tiene un margen de tres niveles para la región.

Cuadro 6
ESCALONES DE INNOVACIONES EN ALBAÑILERÍAS

COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
Proyectos (P)	P1 [a]	P2 [b]	P3	
Planificación y gestión (PG)	PG1 [a]	PG2 [a]	PG3	PG4
Materiales e insumos (M)	M1 [a]	M2 [b]	M3	M4
Herramientas y equipos (HE)	HE1 [a]	HE2 [b]	HE3	
Mano de obra (MO)	MO1 [a]	MO2 [a]	MO3	MO4
Control (C)	C1 [a]	C2 [b]	C3	C4

X1 [a] Estimación de desarrollo actual medio.
X1 [b] Estimación de máximo desarrollo actual.
X1 Potencialidad de innovación.

2. Carpintería

Para efectos de este ejemplo se especifica una vivienda construida con estructura de carpintería (madera o metal), revestida por ambas caras con paneles, fundaciones de pilotes, estructura de techo a base de cerchas y cubierta de planchas. La especificación del tipo de carpintería, las planchas de recubrimiento, el tipo de cercha y las planchas de cubierta no son relevantes.

a) Escalón correspondiente a nivel 1

M 1 Los materiales básicos son fabricados de manera artesanal y con precario control de calidad.
Hormigones: son elaborados in situ.
Fierro: puede utilizarse fierro sin control de calidad ni especificación.
Maderas: elaboradas mediante aserrado, sin control de su resistencia, escuadrías, humedad, dimensionamiento, etc.
Revestimientos artesanales, sin control dimensional, etc.
Ventanas y puertas: de madera, fabricadas in situ.

HE 1 Se utilizan exclusivamente herramientas manuales, de modo que se requiere la participación de gran cantidad de mano de obra en este sistema de construcción.
Ejemplos son las excavaciones a pala, corte de maderas con serrucho o sierras manuales, clavado con martillo, traslado de materiales en carretillas, compactación con pisón, etc.
Corte y armado de estructuras in situ.

b) Escalón correspondiente a nivel 2

M 2 Madera: industrializada, con control de su dimensión, estabilidad, etc.
Revestimientos: de procedencia industrial, uso de conectores metálicos, etc.
Ventanas y puertas: de madera, hechas en fábrica.

HE 2 La utilización de herramientas mecanizadas y eléctricas presenta grandes ventajas en la carpintería y tiene gran incidencia en la productividad y calidad del trabajo realizado.
Ejemplo de ello son las sierras eléctricas, martillos neumáticos, grapadoras, destornilladores eléctricos, sierras de banco, etc.

c) Escalón correspondiente a nivel 3

M 3 La utilización de maderas industrializadas: maderas aserradas de producción industrial, tableros terciados, aglomerados, contrachapados, etc., revestimientos industriales, presentan grandes ventajas desde el punto de vista de la productividad y calidad.

HE 3 Para las carpinterías existen diversas herramientas y equipos que cuentan con mecanismos de autorregulación, especialmente para el armado de estructuras. Es el caso de herramientas como mesas de corte programables respecto del largo de la pieza, tipo de corte, profundidad, ángulo, etc. Asimismo el uso de mesas de trabajo programables para el armado de elementos estructurales, tabiques, cerchas, etc., y para la aplicación de tecnologías como la utilización de conectores metálicos para componentes de madera colocados con prensa.
Una ventaja adicional en este tipo de equipos y herramientas es su posibilidad de montarlos en terreno, lo que permite prefabricar los elementos en obra.
La evolución de las industrias de viviendas prefabricadas en países avanzados, especialmente de madera, ha contribuido al desarrollo de herramientas automatizadas capaces de producir componentes de acuerdo con programas de computación.

d) Escalón correspondiente a nivel 4

M 4 La utilización de elementos prefabricados es propio de las carpinterías y existen muchas opciones y elementos que se pueden prefabricar, entre los que se destacan paneles para muros, tabiques, cerchas, cubiertas y pisos.

e) Escalón correspondiente a nivel 5

M 5 Es perfectamente posible alcanzar el nivel de prefabricación completa en este sistema constructivo. La mayoría de las viviendas prefabricadas, que simplemente se arman en terreno, son construidas a base de carpintería.

De los tres sistemas de construcción analizados es el que presenta mayores ventajas en lo que toca a la prefabricación.

f) Estimación del estado de industrialización de la carpintería en la región

Cuadro 7
ESCALONES DE INNOVACIONES EN CARPINTERÍAS

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
Proyectos (P)	P1 [a]	P2 [b]	P3		
Planificación y gestión (PG)	PG1 [a]	PG2 [a]	PG3 [b]	PG4	
Materiales e insumos (M)	M1 [a]	M2 [b]	M3 [b]	M4	M5
Herramientas y equipos (HE)	HE1 [a]	HE2 [b]	HE3		
Mano de obra (MO)	MO1 [a]	MO2 [a]	MO3	MO4	
Control (C)	C1 [a]	C2 [b]	C3	C4	

X1 [a] Estimación del desarrollo actual medio.
X1 [b] Estimación de máximo desarrollo actual.
X1 Potencialidad de innovación.

3. Hormigón

Para efectos de este ejemplo se especifica una vivienda construida de hormigón armado, con fundaciones de hormigón, estructura del techo a base de cerchas y cubierta de planchas. La especificación del tipo de hormigón, el tipo de cercha y las planchas de cubierta no es relevante.

a) Escalón correspondiente a nivel 1

M 1 Los materiales básicos son fabricados de manera artesanal y con precario control de calidad.
Hormigones: son elaborados in situ, utilizando áridos seleccionados artesanalmente. La calidad de éstos es baja, con variaciones importantes en cuanto a su limpieza y tamaño. El agua utilizada es variable y sin control de composición.
Fierro: puede utilizarse fierro sin control de calidad ni especificación.

HE 1 Se utilizan exclusivamente herramientas manuales, y dado el peso de los materiales se requiere mano de obra con gran capacidad física.
Como ejemplos cabe citar las excavaciones a pala, compactación con pisón, mezclado del hormigón a pala sobre cancha de tierra, vibrado utilizando mazo y pisón. Fierro cortado con sierra y armado de las estructuras sobre cancha en terreno.
Transporte del hormigón a pisos superiores en carretillas y sobre rampas, etc.
Moldajes hechos a base de madera aserrada.

b) Escalón correspondiente a nivel 2

M 2 Utilización de hormigones predosificados y premezclados, áridos de producción industrial, etc.
Enfierraduras predimensionadas y fierro certificado.

HE 2 La incorporación de herramientas y equipos mecanizados presenta grandes ventajas en este sistema constructivo, dado el volumen y peso de los materiales.
Ejemplo de ello son las betoneras mecánicas, los silos dosificadores, las máquinas mecánicas para terminaciones de pisos y losas, los diferentes tipos de vibradores, etc.
La utilización de sistemas mecanizados para el transporte y elevación del hormigón, etc.
Los equipos mecanizados para trabajar las enfierraduras, estirado y corte, etc.
Moldajes: existe una variedad de moldajes industrializados que van desde aquellos confeccionados a base de tableros de madera industrializada, hasta los más recientes confeccionados en aluminio, pasando por los más comunes de acero. Todos ellos presentan ventajas sustantivas en cuanto a durabilidad, grado de terminación del hormigón, flexibilidad y facilidad de montaje.

c) Escalón correspondiente a nivel 3

M 3 La utilización mayoritaria de hormigones premezclados y predosificados presenta grandes ventajas en cuanto a la calidad de los hormigones, principalmente por su homogeneidad.
Cosa similar ocurre con la utilización de enfierraduras prearmadas.

HE 3 La industria de elementos prefabricados de hormigón armado ha desarrollado complejas máquinas, que permiten confeccionar diversos elementos de hormigón armado o pretensado, incorporándose así la computación en los procesos productivos. La utilización de estas tecnologías permite construir un importante volumen de elementos, con variadas posibilidades de diseño.

d) Escalón correspondiente a nivel 4

M 4 La industria de elementos prefabricados de hormigón ha tenido un gran desarrollo en los países europeos, predominando la utilización de elementos o componentes prefabricados, tales como vigas, pilares, prelosas y losas.

e) Escalón correspondiente a nivel 5

M 5 Después de la prefabricación pesada, ya obsoleta, ha surgido la prefabricación abierta o de componentes de hormigón armado. Este sistema constructivo permite ejecutar todos los elementos estructurales de hormigón armado utilizando elementos prefabricados, hechos a medida y en coordinación con programas de diseño asistido por computación.
Es posible establecer una tipología básica de elementos, como sucede con la madera aserrada.

f) Estimación del estado de industrialización del hormigón en la región

Cuadro 8
ESCALONES DE INNOVACIONES EN HORMIGÓN

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
Proyectos (P)	P1 [a]	P2 [b]	P3		
Planificación y Gestión (PG)	PG1 [a]	PG2 [a]	PG3	PG4	
Materiales e insumos (M)	M1 [a]	M2 [b]	M3 [b]	M4	M5
Herramientas y equipos (HE)	HE1 [a]	HE2 [b]	HE3		
Mano de obra (MO)	MO1 [a]	MO2 [a]	MO3	MO4	
Control (C)	C1 [a]	C2 [b]	C3	C4	

X1 [a] Estimación de desarrollo actual medio.
X1 [b] Estimación de máximo desarrollo actual.
X1 Potencialidad de innovación.

4. Potencialidades y desventajas relativas de los tres sistemas constructivos analizados

Cada uno de los sistemas constructivos presenta potencialidades y desventajas relativas, que son importantes de considerar al momento de optar por un sistema específico. Estas características dicen relación con la calidad que puede lograrse, correlacionada con el precio y las características de su productividad.

Cuadro 9
TABLA DE COMPARACIÓN BÁSICA ESTIMADA, ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

CARACTERÍSTICAS	ALBAÑILERÍA	CARPINTERÍA	HORMIGÓN
1. CALIDAD			
1.1. Seguridad	Media	Media - Baja	Alta
1.2. Habitabilidad	Media	Alta	Baja
1.3. Durabilidad	Media	Baja	Alta
1.4. Belleza	Alta	Alta	Media
2. PRODUCTIVIDAD			
2.1. Costo	Media	Bajo	Alto
2.2. Cantidad	Baja	Alta	Media
2.3. Tiempo construcción	Alto	Bajo	Medio
3. OTROS			
3.1. Posibilidad de modificación	Media	Alta	Baja
3.2. Mano de obra	Alta	Media	Media
3.3. Flexibilidad	Media	Alta	Baja
3.4. Prefabricación	Baja	Alta	Media

Notas

[1] Abreviatura de la expresión inglesa total quality control.

[2] Abreviatura de la expresión inglesa total quality management.

[3] Proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales.

[4] La Organización Internacional para la Normalización (ISO) es un organismo no gubernamental, reconocido por las Naciones Unidas, en el cual participan 94 países.

BIBLIOGRAFÍA

Ayarza, Elías (cons.) (1995), Situación de la industria de la construcción ligada a la producción de vivienda en América Latina y el Caribe (LC/R.1612), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Blanchère, Gérard (1977), Tecnologías de la construcción industrializada. Tecnología y arquitectura, Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

Bravo Heitman, Luis y Carlos Martínez Corbella (1993), Chile: 50 años de vivienda social, 1943-1993, Valparaíso, Universidad de Valparaíso, Facultad de Arquitectura.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (1996a), Los efectos macroeconómicos y las necesidades de reconstrucción de la Isla de Anguila después del Huracán Luis (LC/MEX/L.289; LC/CAR/L.462), México, D.F., Sede Subregional de la CEPAL en México.

_____ (1996b), "Sistemas de innovación y especialización tecnológica en América Latina y el Caribe", serie Desarrollo productivo, Nº 33 (LC/G.1913), Santiago de Chile.

_____ (1995), Situación de la vivienda en América Latina y el Caribe (LC/R.1613), Santiago de Chile.

_____ (1994a), Gestión urbana y de vivienda en América Latina y el Caribe (LC/L.865), Santiago de Chile.

_____ (1994b) Proyecto propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe (LC/L.870), Santiago de Chile.

Chatry, Michel (1995), presentación ante la Cámara Chilena de la Construcción, Santiago de Chile, 15 de mayo.

Chemillier, Pierre (1980), Industrialización de la construcción. Procesos tecnológicos y su futuro, Barcelona, Editores Técnicos Asociados, S.A.

Cortínez, José Manuel (cons.) (1996), La industria de la construcción para la vivienda en Chile (LC/R.1629), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

CPC (Centro Chileno de Productividad en la Construcción) (1994), "Seminario: calidad en la construcción", Santiago de Chile.

CYTED-D (Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Quinto Centenario) (1991), Catálogos de sistemas constructivos. Tecnología para la autoproducción del hábitat, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

Ghio, Virgilio A. y Roberto Bascuñán (1995), "Innovación tecnológica en la construcción. Ahora es cuándo", Ingeniería de construcción, Santiago de Chile, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Gitlow, Howard S. y Shelly J. Gitlow (1994), Cómo mejorar la calidad y la productividad con el Método Deming, Barcelona, Grupo Editorial NORMA.

Instituto Nacional de la Vivienda (1995), "Cuba hacia un nuevo modelo productivo de viviendas bajo un enfoque sustentable", documento presentado al Seminario Regional "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda", La Habana.

Manzi, Gabriela (1996), Introducción masiva del colector solar en reemplazo o apoyo del cálefont para calentar agua en usos domiciliarios, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), inédito.

Martínez Corbella, Carlos (1992), La concepción arquitectónica y la industrialización: teoría general, Santiago de Chile, Convenio de intercambio entre la Universidad de Chile y la Universidad de Valparaíso.

Mittelman, Dieter (1996a), "La industria de la construcción en Europa y Alemania", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción.

_____ (1996b), "Tendencias tecnológicas y de gestión. Caso europeo", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción, junio.

Pavez García, Hernán (1994), "Las normas de la serie ISO 900: situación actual a nivel internacional y sus aplicaciones en Chile", documento presentado en el Seminario Calidad en la Construcción, Santiago de Chile, Centro Chileno de Productividad en la Construcción (CPC), 5 de julio.

Rauter, Raúl (1992), Calidad con productividad. El desafío de los años noventa y del nuevo milenio (LC/R.1198), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Ribeiro, Mauricio Andrés (1994), "Energía e edificação", documento 1, Taller de Lima, Belo Horizonte.

_____ (s/f), "Por un hábitat energéticamente eficiente", Belo Horizonte.

Salas Serrano, Julián (1992), "Contra el hambre de vivienda", Soluciones tecnológicas latinoamericanas, Santafé de Bogotá, Edita ESCALA.

Sarralde, Juan (1996), Arquitectura pública en Chile: el caso del Liceo Agrícola de Máfil (LC/R.1637), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Stulz, Ronald (s/f), "Construyendo con materiales de bajo costo", segunda edición, CETAL Ediciones.

Tucker, Richard L. (1996a), "Evolución y futuro de la industria de la construcción", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción.

_____ (1996b), "Tendencias tecnológicas y gerenciales", documento presentado al Seminario Internacional "Evolución y futuro de la industria de la construcción", Santiago de Chile, Corporación de Investigación de la Construcción.