

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



EL "LEAN DESIGN" Y SU APLICACIÓN A LOS
PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS VÁSQUEZ AYALA

LIMA - PERÚ

2006

RESUMEN

La presente tesis inicia con la descripción de distintas corrientes que se han desarrollado en la gerencia del diseño, en algunos casos exclusivamente para la construcción; posteriormente se presenta la Gerencia de proyectos “lean” (*Lean Project Management*) y el modelo: Sistema de entrega de proyectos “lean” (*Lean Project Delivery System*) el cual se desarrolla en los distintos capítulos con el objetivo de lograr el mejoramiento del Diseño de proyectos de edificación en nuestro país.

Para ello, en primer lugar se realizó un diagnóstico para conocer cómo se vienen desarrollando en la actualidad los diseños de proyectos en Lima. El capítulo referente a este punto presenta los resultados de 122 encuestas realizadas en Lima a los diferentes involucrados en el diseño de un proyecto así como a los constructores y maestros de obra, visitando un total de 72 obras de construcción. Las conclusiones de este trabajo muestran que existe un deficiente manejo del diseño de los proyectos, entre otras cosas, debido a las descoordinaciones entre los especialistas, lo que deriva en problemas que posteriormente se reflejan en la obra.

En los siguientes capítulos se explican los principales procesos y herramientas para definir un proyecto según las técnicas “lean”, para conocer los requerimientos del cliente y convertirlos en propuestas viables para el proyecto. Seguidamente se hace lo mismo para el diseño del proyecto, donde se proponen entre otras cosas: controlar las actividades de diseño, compartir información entre los especialistas, hacer participar a los constructores en el diseño de los planos, etc. Así también se mencionan algunas aplicaciones realizadas en Brasil, en Chile y en nuestro país respecto a herramientas para el mejoramiento de esta fase.

INDICE

- RESUMEN.
- CARTA DE APROBACIÓN.
- DEDICATORIA.

Introducción..... i

CAPÍTULO 1

GERENCIA DEL PROYECTO “LEAN”

LEAN PROJECT MANAGEMENT

1.1. Algunos estudios acerca de la gerencia del diseño.....	02
1.1.1. Ingeniería Concurrente.....	03
1.1.2. Proyecto Simultáneo.....	04
1.1.3. Coordinación modular y Estandarización.....	06
1.2. Producción “lean” (<i>Lean Production</i>).....	07
1.3. Construcción “lean” (<i>Lean Construction</i>).....	09
1.4. Gerencia de proyectos “lean” (<i>Lean Project Management</i>).....	10
1.4.1 Sistema de entrega de proyectos “lean” (<i>Lean Project Delivery System</i>).....	11
Bibliografía.....	17

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO ACTUAL SOBRE LA APLICACIÓN DEL DISEÑO “LEAN” EN LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN.

2.1. Descripción de la muestra.....	19
2.2. Diseño de las encuestas.....	20
2.3. Resultados obtenidos.....	21
2.3.1 Organizarse en Equipos Multidisciplinarios.....	21
2.3.2 Seguir una estrategia basada en múltiples alternativas.....	23
2.3.3. Estructurar un trabajo que se acerque al ideal “lean”.....	25
2.3.4. Minimizar las iteraciones negativas.....	26
2.3.5. Usar el sistema del “Último planificador” para el control de producción..	28
2.3.6. Usar tecnologías que faciliten el Diseño “lean”.....	31

CAPÍTULO 3

DEFINICIÓN DEL PROYECTO

PROJECT DEFINITION

3.1. Módulos de la definición del proyecto.....	36
3.1.1. Necesidades y valores.....	36
3.1.2. Concepto y criterio de diseño.....	38
3.2. Procesos de la definición del proyecto.....	42
3.2.1. Inicio.....	43
3.2.2. Recopilación de información.....	50
3.2.3. Preparación para las reuniones finales de definición del proyecto y realización de éstas.....	53
3.3. Algunas herramientas para la definición del proyecto.....	54
3.3.1. Despliegue de la función de calidad (QFD).....	55
3.3.2. Catálogo de recursos para obras de construcción (CROC).....	60
Bibliografía.....	64

CAPÍTULO 4**DISEÑO “LEAN”***LEAN DESIGN*

4.1. Diferencias entre diseño y construcción.....	66
4.2. Módulos del diseño “lean”.....	67
4.2.1. Concepto(s) de diseño.....	68
4.2.2. Diseño del proceso y diseño del producto.....	68
4.3. Procesos de un diseño “lean”.....	69
4.3.1. Organizarse en equipos multidisciplinarios.....	69
4.3.2. Seguir una estrategia basada en múltiples alternativas.....	70
4.3.3. Estructurar un trabajo de diseño que se acerque al ideal “lean”.....	78
4.3.4. Minimizar las iteraciones negativas.....	85
4.3.5. Usar el sistema del “Último planificador” para el control de producción.....	89
4.3.6. Usar tecnologías que se faciliten el diseño “lean”.....	90
4.4. Algunas herramientas para un diseño “lean”.....	94
4.4.1. Intranet.....	94
4.4.2. Protocolo de diseño.....	97
4.4.3. Matriz estructurada de diseño.....	99
Bibliografía.....	102
Conclusiones.....	iii
Anexos.....	vii
Anexo 1.	
Formato de encuesta - Coordinador del proyecto.....	ix
Formato de encuesta - Especialista.....	x

Formato de encuesta – Ingenieros Residente.....	xi
Formato de encuesta – Maestro de obra.....	xii
Anexo 2.	
Agenda para reunión de coordinación.....	xiv
Anexo 3.	
Cartilla de control de reuniones para Definición del proyecto.....	xvi



INTRODUCCIÓN.

En la industria de la moda, los diseñadores para sacar una nueva línea de ropa pasan meses haciendo bocetos, combinando colores, escogiendo las mejores telas, todo para lograr diseños originales e innovadores, pues saben que de ello depende el éxito en las ventas.

En la industria del cine la etapa de pre-producción es de vital importancia para, entre otras cosas, definir el reparto, los lugares de filmación, buscar la mejor iluminación, sonido y escoger los mejores equipos, pues de ello depende la buena performance de la producción.

En la industria aerocomercial, el diseño de los aviones se realiza cuidando cada detalle, en los planos se especifican la ubicación y colocación de cada pieza, y se exigen altos estándares de seguridad, pues de esto depende la integridad de las personas que viajarán en dichos aviones.

Y en la industria de la construcción ¿Existe la dedicación y preocupación necesaria para el diseño de un proyecto antes de pasar a la ejecución de la obra, tal como ocurre en otras industrias? Actualmente no. Y es que el relativo bajo costo de los procesos de diseño comparado con los costos de producción de la obra “disfraza” su verdadera importancia dentro de los proyectos de construcción. (Austin et al. 1994). Por ello hoy en día los mayores esfuerzos se concentran en mejorar los métodos constructivos, las herramientas, la calidad de mano de obra, etc., dejando a la deriva lo que sucede durante la elaboración de los planos y de la secuencia del diseño.

Durante la investigación, se han encontrado diversos casos donde los diseñadores han concluido sus planos de manera excelente y a tiempo pero al momento de compatibilizarlos con las demás especialidades se encontraron grandes diferencias que no se corrigieron sino en la obra, que es donde naturalmente, surgen las confusiones, las dudas, etc., y por el ritmo de trabajo deben resolverse al momento sin mayores consultas o sin profundizar en el problema.

Por ello, esta tesis propone mejorar las etapas de Definición y Diseño de los proyectos de edificación usando las técnicas “lean”, las cuales se vienen aplicando en nuestro país desde hace unos años y con gran éxito en la construcción de edificaciones, pero aplicados solo a la ejecución de la obra. De esta forma, se amplía también la visión acerca del uso de las técnicas “lean”, desarrollando y explicando qué es el Lean Project Managemnet , el modelo Lean Project Delivery System, y específicamente la Definición y el Diseño “lean”.





CAPÍTULO 1

GERENCIA DE PROYECTOS “LEAN”

LEAN PROJECT MANAGEMENT

1.1. ALGUNOS ESTUDIOS ACERCA DE LA GERENCIA DEL DISEÑO.

A continuación se presenta un resumen de algunas corrientes de la gestión de proyectos que desarrollan y se relacionan con la gerencia del diseño.

1.1.1 INGENIERÍA CONCURRENTE.

La ingeniería concurrente, también llamada por muchos autores ingeniería simultánea, es un fenómeno que aparece a principios de la década de los ochenta en el Japón y que llega a Europa a través de América, fundamentalmente Estados Unidos, a finales de esa misma década.

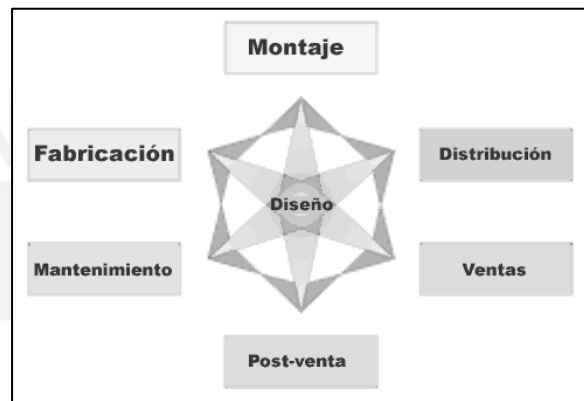


Figura 1.1. Definición de Ingeniería Concurrente

Existen muchas definiciones y ésta es una de las más aceptadas: "Filosofía de trabajo basada en sistemas de información y fundamentada en la idea de convergencia, simultaneidad o concurrencia de la información contenida en todo el ciclo de vida de un producto sobre el diseño del mismo".

Esta filosofía de trabajo involucra, dentro de una compañía, a todas las personas y entes que participan de cualquier manera en el ciclo de vida de un producto, en la responsabilidad del diseño del mismo.

Evidentemente, el diseño ya no es una tarea unipersonal, es una tarea de equipo. Es responsabilidad del equipo y, por tanto, las decisiones importantes deben ser tomadas en función de la información aportada por cada una de las personas afectadas, haciendo referencia directa a proveedores y subcontratistas.

Analicemos el caso concreto del diseño, por ejemplo, del sistema de aire acondicionado en un edificio:

"Un arquitecto proyecta un edificio, vivienda u oficina y, normalmente, debe prever la instalación de algún tipo de acondicionamiento de aire. Para dimensionar su edificio,

necesita datos de volumen relativos al sistema de aire acondicionado, volúmenes que ha de prever en sus planos. Pero el instalador del sistema no le dará las dimensiones de los equipos que necesita si no ve previamente los planos del edificio a acondicionar. No se puede definir el sistema de aire acondicionado si no se ha dimensionado previamente el edificio. No se puede dimensionar el edificio si no se hacen las previsiones oportunas para habilitar los espacios necesarios que habrá de ocupar el sistema de aire acondicionado que todavía no se ha definido. Hace falta una concurrencia en el diseño. A pesar de todo esto el edificio se construye, este es ocupado por una empresa que desea ubicar sus oficinas. La distribución es aparentemente válida, pero no ha pasado un mes y ya se han levantado cuatro mamparas, se ha tirado un tabique y se ha ampliado el despacho del director general, que no era suficientemente grande. Como consecuencia de ello, aquella persona que debería tener una ventana a la izquierda para recibir luz indirecta, tiene que situar su mesa de espaldas a la misma con lo que la luz del día se refleja permanentemente en su pantalla y le obliga a cerrar las persianas para poder trabajar. Además, no se sabe por qué extraña razón, se le ha colocado su mesa debajo de la salida de un chorro de aire frío que le provoca un resfriado permanente."

Evidentemente, en este esquema hay algo que falla. Y lo que falla no es nada especialmente complejo, es falta de información. La solución a éste y cualquier problema de diseño pasa por que se coordinen las herramientas necesarias para hacer que la información relativa al producto, teniendo en cuenta todo su ciclo de vida, esté a disposición del equipo de diseño.

Ante un proyecto de diseño, por sencillo que parezca, el volumen de información que se maneja y se hace necesario es tal que obliga a la concurrencia de varias personas, cada una de ellas aportando su "algo" al diseño. Y la mejor forma de coordinar este flujo de información es mediante herramientas informáticas.

1.1.2 PROYECTO SIMULTÁNEO.

Las empresas hoy en día disputan mercados cada vez más exigentes, lo que las obliga a diferenciarse e innovar nuevos productos, los clientes cada vez son más importantes en la decisión de las características del producto, los proveedores son

fundamentales para mantener la calidad de los materiales y servicios suministrados. El proyecto simultáneo valoriza la integración entre los agentes de un proceso para que al final el producto satisfaga las necesidades de los clientes, partiendo de la presuposición de que esa falta de integración genera incertidumbres en el proceso y compromete la calidad del producto.

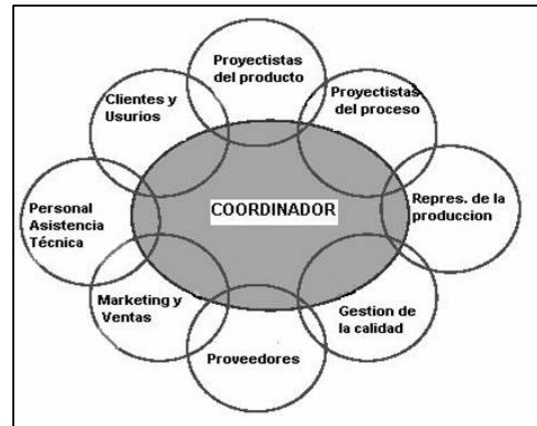


Figura 1.2 Equipo multidisciplinario de proyecto simultáneo (FABRICIO; MELHADO, 2004).

Con el enfoque de proyecto simultáneo, los trabajos que eran ejecutados simultáneamente, pero de manera separada (arquitectura, estructuras, instalaciones, etc.), son substituidos por el trabajo de los equipos, con la eliminación de las fronteras que los dividían.

El proyecto simultáneo presupone que haya trabajo en equipo, comunicación sistemática y entrenamiento de los recursos humanos. Todos los agentes del equipo deben exponer sus necesidades y expectativas en todo el proceso. En la filosofía de proyecto simultáneo, los ingenieros de producción (residentes) se juntan con los ingenieros proyectistas en equipos multidisciplinarios, propiciando el mejor desempeño y menores plazos en la elaboración del proyecto. De esta manera cada integrante del equipo puede contribuir con su experiencia y conocimiento de su área específica para disminuir fallas potenciales, tanto del producto como del proceso de producción.

Los principales beneficios que se obtienen al adoptar un proyecto simultáneo son:

- Mayor integración entre los diversos agentes del proceso, por la formación de equipos multidisciplinarios.
- Reducción del tiempo en la elaboración de proyectos.
- Mejora continua del producto y del proceso.
- Disminución de costos.

No siempre la simple colocación de especialistas en los equipos multidisciplinarios garantiza la obtención de buenos resultados; si no que esta depende del desempeño de una coordinación eficiente.

Para la construcción se propone el proyecto simultáneo por medio de la integración de las principales interfases, como se observa en la siguiente figura.

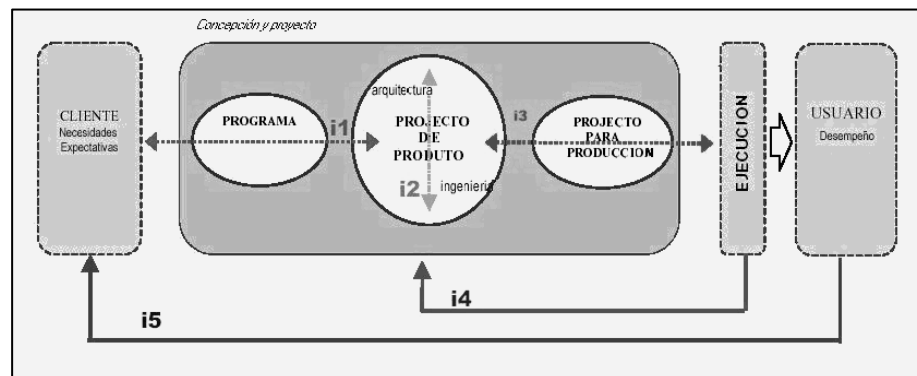


Figura 1.3 Principales interfases en el proceso de un proyecto (FABRICIO, 2002).

- i1: Interfase con el mercado (programa)
- i2: Interfase con los proyectos del producto
- i3: Interfase proyecto del producto – producción (Proyecto para la producción)
- i4: Retroalimentación ejecución- proyecto
- i5: Interfase cliente (retroalimentación del desempeño)

En la **figura 1.3** se muestra las principales interfases del proyecto en el que se pueden establecer prácticas de cooperación simultáneas. Estas interfases están representadas como i1, i2 y i3. A éstas, además se les incrementa una interfase de retroalimentación de la fase de ejecución (i4: interfase con la obra), y otra fase de uso (i5: interfase con el desempeño del producto y el uso por parte del cliente). Esta figura también muestra la filosofía de los procesos de calidad ISO, puesto que el proyecto se inicia a partir de un cliente, observando sus necesidades y expectativas, y termina en el cliente – usuario, con el desempeño del producto o servicio, que debe atender las necesidades y expectativas inicialmente formuladas.

1.1.3 COORDINACIÓN MODULAR Y ESTANDARIZACIÓN.

La coordinación modular, es un procedimiento de diseño constructivo que simplifica y coordina las dimensiones de los elementos de construcción.

Este procedimiento, el cual se desarrolla durante el diseño del proyecto, también es llamado Coordinación dimensional, y relaciona las medidas de los componentes de la construcción, con los ambientes a los que serán incorporados.



Figura 1.4 Viviendas modulares.

Además de coordinar las dimensiones por medio del módulo, racionaliza y simplifica la fabricación y el montaje, posibilita la intercambiabilidad de los elementos constructivos, brindando flexibilidad y finalmente, promueve el desarrollo de una competencia de plena participación.

La Coordinación modular considera como punto de partida un Módulo Básico, que en nuestro país, luego de realizado un estudio en el año 1976, se definió como MB=10 cm. Para el diseño de los planos se traza en primer lugar una cuadrícula, llamada Retícula modular de referencia, la cual tiene como espaciamiento el módulo básico, el módulo de diseño y/o el módulo de componentes, estos dos últimos definidos según el tipo de proyecto. Y seguidamente se diseñan los distintos planos de cada especialidad con dicha retícula, lo cual permite, como se mencionó, la intercambiabilidad de los elementos constructivos.

Por otro lado, los estudios realizados en nuestro país referentes al tema, han concluido con la definición de la “Medidas modulares preferibles” para distintos componentes de la construcción, las cuales deben ser tomadas en cuenta durante el diseño, como por ejemplo medidas modulares para los vanos de puertas y ventanas, medidas recomendadas para la altura de un recinto, muebles de cocina, longitud de muros, etc.

La coordinación modular tiene como uno de sus objetivos la estandarización, la cual podemos definirla como el procedimiento que consiste en elaborar productos y procesos con características similares, con el fin de fabricar modelos repetidos que cumplan una misma función, y de esta manera simplificar la producción de componentes de la construcción. Es decir a través de la Coordinación modular y la estandarización en el diseño se logra industrializar la construcción a través de economías de escala, promoviendo otro aspecto importante como es la prefabricación. Por ejemplo se pueden estandarizar puertas y ventanas y con dichas medidas estandarizadas promover la industrialización de dichos componentes, como ya ocurre en países de Europa, donde se ha logrado estandarizar y prefabricar módulos de baños que se construyen fuera de obra y se llevan a la misma a través de camiones colocándolas con una grúa en el frente de trabajo.

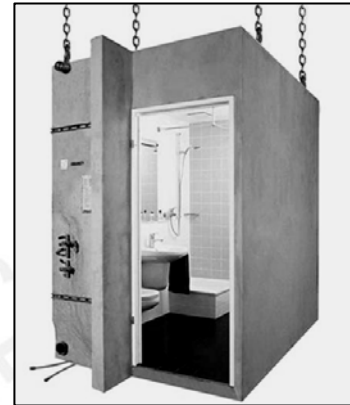


Figura 1.5 Baños prefabricados.
(Compañía Eurocomponents)

1.2 PRODUCCIÓN “LEAN”.

LEAN PRODUCTION

El Dr. James Womack, licenciado en ciencias políticas por la universidad de Chicago en 1970 y Master en sistemas de transporte por Harvard, desarrolló una labor científica entre 1975 y 1991, al servicio exclusivo del MIT y dirigió una serie de estudios comparativos acerca de la gestión en las empresas industriales. Fruto de estos estudios y de sus viajes, en los que asesoró a numerosas empresas industriales de todo el mundo, escribió en 1990, junto con D. Jones y D. Roos, el libro “The Machine that Changed the World” (La Máquina que Cambió el Mundo). El libro, de gran éxito, explica la evolución de las tendencias en todo el mundo en la gestión de las plantas industriales, a través del mundo del automóvil y los sistemas de gestión de Toyota, que usaban menos de todo: esfuerzo, inversión de capitales, instalaciones, inventarios y tiempo humano, en la fabricación, el desarrollo de producto, piezas fuentes y relaciones con el cliente. Este sistema lo recomendó para las empresas industriales del mundo occidental y le dio el nombre de **Lean Production**, denominación que desde entonces (1990), se ha ido difundiendo en todo el mundo.

El Lean Production es en suma la síntesis de varios modelos sugeridos en diferentes campos de investigación en una base teórica común, como el pensamiento JIT (Shingo, 1984) y la visión de Calidad (Pall, 1987). La tarea fue desarrollar un modelo que cubra todos los rasgos importantes de producción, sobre todo de los que carece el modelo de conversión. Este nuevo modelo de producción puede ser definido de la siguiente forma:

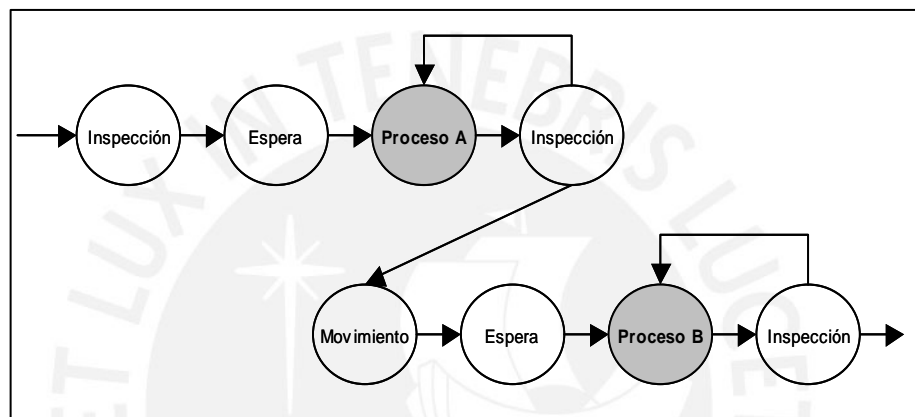


Figura 1.6 La producción como un flujo de procesos.

Un flujo de materiales y/o información desde la materia prima al producto final (**figura 1.6**). Dentro de este flujo, el material es procesado, se producen inspecciones, esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente. Este proceso de actividades intrínsecamente diferentes representa la visión de conversión de producción; la inspección, el movimiento y la espera representa el aspecto de flujo de producción. Los círculos de color blanco representan actividades que no agregan valor, en contraste con las actividades que si agregan valor al proceso.

En esencia, la nueva conceptualización implica una doble visión de producción: esto consiste en conversiones y flujos. La eficacia total de producción es atribuible a la eficacia de ambas.

1.3 CONSTRUCCIÓN “LEAN”

LEAN CONSTRUCTION

Teniendo como modelo el Lean Production japonés, se crea una nueva filosofía de Planificación de proyectos, que nace a comienzos de los años 90s en Finlandia, donde Lauri Koskela sistematiza los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo), junto con la Ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras. Koskela propone esta nueva filosofía de control de producción en su tesis doctoral "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992. Él ofreció la primera conferencia del International Group for Lean Construction en Finlandia en Agosto de 1993.

En términos del Lean Construction Institute (LCI), el Lean Construction es una gerencia de producción basada en la entrega de proyectos, es una nueva manera de diseñar y construir productos o servicios. Se extiende desde los objetivos del sistema de producción “lean” (maximizar el valor y reducir las pérdidas) hasta las especificaciones técnicas y su aplicación en un nuevo proceso de entrega de proyectos. Como resultado, tanto el servicio como el proceso de entrega son diseñados juntos para un mejor acercamiento a los requerimientos del cliente final.

Esta nueva filosofía propone una gestión de producción donde la planificación de las actividades de obra sea totalmente realizable y predecible. Evitar pérdidas en el flujo de actividades apostando por una planificación confiable. Para ello, se propone generar un “escudo” de producción para proteger el flujo de trabajo, de esta manera se hace más fácil ordenar los requerimientos de materiales durante el desarrollo del proyecto.

Las principales diferencias entre el Lean Construction y las formas actuales de la gerencia de proyectos: ¹

- El **control** es redefinido, de ser “los resultados de un monitoreo” a un “hacer que las cosas pasen”. El rendimiento del sistema de planificación es medido y

¹ www.leanconstruction.org

mejorado para dar confiabilidad al flujo de trabajo y a los resultados predecibles del proyecto.

- El **rendimiento** consiste en maximizar el valor y minimizar las pérdidas en el proyecto. Las prácticas actuales se enfocan en optimizar cada actividad produciendo una reducción del rendimiento total.
- La **entrega de proyectos** es el diseño simultáneo del servicio o producto y su proceso de producción. La práctica actual, aún con el uso de la constructabilidad, es un proceso secuencial que no puede prevenir las iteraciones que producen pérdidas.
- El **valor** para el cliente es definido, creado y entregado a lo largo de la vida del proyecto. En la práctica actual, el dueño define completamente los requerimientos al inicio y la entrega al final, a pesar de los cambios en el mercado, la tecnología y la economía.
- El coordinar a través del “**jalar**” y el **flujo continuo** es opuesto a la práctica tradicional dada por el “empujar” con una sobre-confianza centralizada en una autoridad y con cronogramas para gerenciar los recursos y coordinar el trabajo.
- **Descentralizar** la toma de decisiones trae transparencia y confianza. Esto significa proveer a los participantes del proyecto de la información sobre el estado de los sistemas de producción y darles la confianza de realizar las acciones.

1.4 GERENCIA DE PROYECTOS “LEAN”

LEAN PROJECT MANAGEMENT

Actualmente, como fruto de las estrategias de producción en el mundo industrial, el “hacer” ha dejado de lado al “diseñar” y el Lean Project Management surge como un tipo de gerencia donde ambos conceptos son tomados en cuenta por igual, además busca entregar el producto maximizando su valor y minimizando las pérdidas, de ahí su denominación de “lean”.

Los seguidores del Lean Project Management o Gerencia de Proyectos “lean”² que en adelante denominaremos LPM, definen “producción” como ese “diseñar y hacer” que se logra a través de un “proyecto”, el cual se define como un sistema temporal de producción.

La construcción, es justamente un sistema de producción que para gerenciarlo el LPM propone un modelo denominado **Lean Project Delivery System** o Sistema de entrega de proyectos “lean” que en adelante llamaremos LPDS.

1.4.1 SISTEMA DE ENTREGA DE PROYECTOS “LEAN”

LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM

El LCI desarrolló el Sistema de entrega de proyectos “lean” (LPDS) que aplica los principios de la manufactura a la construcción con herramientas que facilitan la planificación y el control, maximizando el valor y minimizando las pérdidas a lo largo del proceso de construcción.

En general, los proyectos se dividen en fases, lo mismo sucede en este modelo LPDS, sin embargo lo que diferencia a este modelo con otros es la definición de cada una de las fases, la relación entre cada fase y los participantes que actúan en ellas.

LPDS es visto como una filosofía, un grupo de funciones interdependientes, reglas para tomar decisiones, procedimientos para la ejecución de funciones, y como una implementación de herramientas.

Algunas de las principales características del LPDS son:³

- El proyecto es estructurado y gerenciado como un proceso de generación de valor.
- Los participantes “aguas abajo” del proyecto están involucrados desde la planificación y diseño a través de los equipos multidisciplinares.
- Los esfuerzos optimizados están centrados en hacer el trabajo de flujo más

² El término “lean” encierra varias ideas, por ello tiene distintas traducciones, como holgado, sin pérdidas, etc., por este motivo no es traducido en la presente tesis, dejando al criterio del lector.

³ Ballard, 2000.

confiable para mejorar la productividad.

- Las técnicas para “jalar” la producción son usadas para gobernar el flujo de materiales e información a través de los grupos de trabajo de los especialistas.
- Los “buffers” de capacidad e inventario son utilizados para absorber la variabilidad.
- Los lazos de retroalimentación son incorporados en todos los niveles, con el fin de ajustar el sistema de manera rápida.

El LPDS consta de 14 módulos, 11 de los cuales están agrupados en 5 triadas o fases, otros 2 módulos se extienden a lo largo de todas las fases del proyecto y uno más es el nexo entre el proyecto terminado y otro nuevo, tal como se aprecia en la figura 1.7.

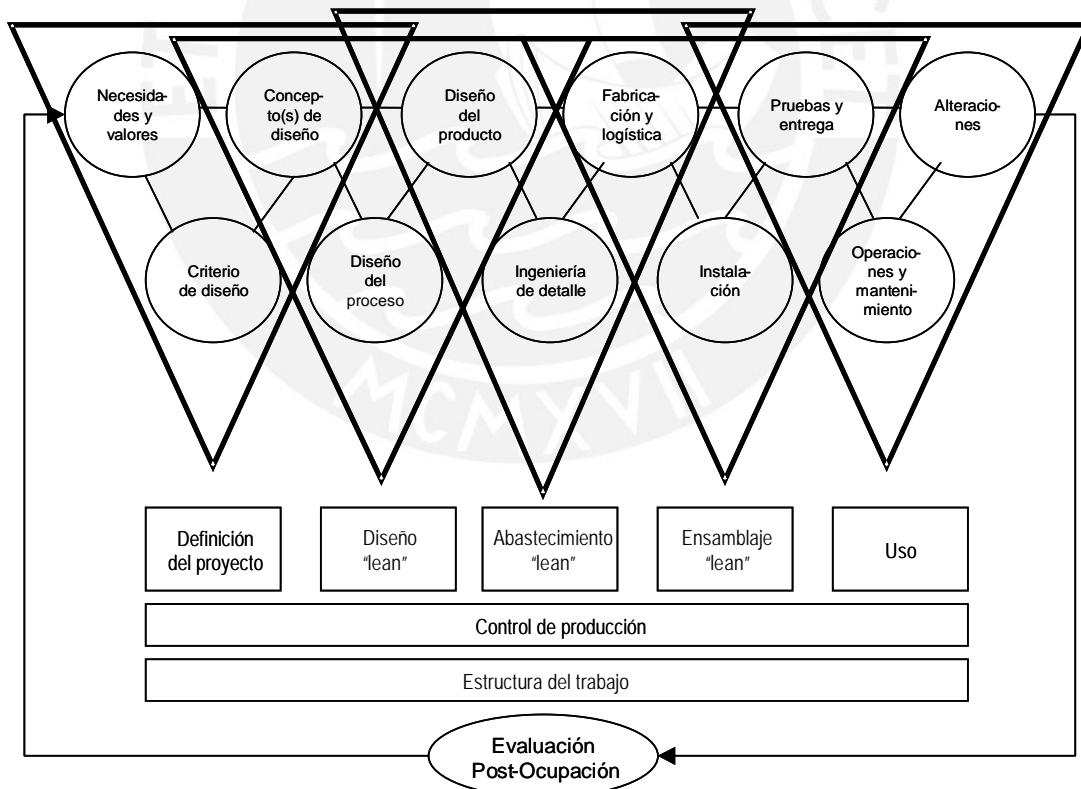


Figura 1.7. Triadas del Sistema de entrega de proyectos “lean” –LPDS (Ballard y Zabelle, 2000).

Los primeros 11 módulos, como ya se mencionó están agrupados en 5 triadas o fases que son:⁴

a) Definición del Proyecto

Project Definition

El modelo de la **figura 1.7** representa una serie de fases en triángulos traslapados, el primero de los cuales es la “Definición del proyecto”, la cual incluye los requerimientos y valores del cliente e involucrados, conceptos y criterios de diseño.

Cada uno de estos elementos puede influir en otro, entonces es necesaria una reunión entre los diversos involucrados, para así llegar a acuerdos a través de una conversación iterativa.

Los representantes de todas las etapas del ciclo de vida del producto o servicio están involucrados en esta fase inicial, incluyendo miembros del equipo de producción.

b) Diseño “lean”

Lean Design

La puerta entre la Definición del proyecto y el Diseño “lean” es el alineamiento de los valores, conceptos y criterios. El Diseño “lean” también utiliza las reuniones, esta vez dedicado a desarrollar y alinear el diseño del producto y del proceso a nivel de sistemas funcionales. El proyecto puede volver a la fase de la Definición del proyecto si la investigación en curso del valor revela oportunidades que son consistentes con las restricciones del cliente y de los involucrados solo si hay dinero y tiempo suficientes.

El Diseño “lean” difiere de la práctica tradicional por que sistemáticamente deja la toma de decisiones hasta el último momento con el fin de tener más tiempo para desarrollar y explorar nuevas alternativas en el diseño de un proyecto.

⁴ Ballard y Howell, 2003.

La práctica tradicional de seleccionar opciones y ejecutar las tareas de diseño tan pronto como sea posible provoca re-trabajo e interrupción cuando una decisión de diseño hecha por un especialista entra en conflicto con la decisión de otro. La estrategia basada en un múltiples alternativas (“Set – based” strategy) usada por el Diseño “lean” permite a los especialistas interdependientes trabajar dentro de los límites del conjunto de alternativas definidas.

c) Abastecimiento “lean”

Lean supply

El Abastecimiento “lean” consta de una ingeniería de detalle, de una fabricación y entrega; la cual requiere como pre-requisito el diseño del producto y del proceso, solo así el sistema sabe qué detallar y fabricar y cuándo entregar estos componentes. El Abastecimiento “lean” también incluye algunas iniciativas tales como reducir el tiempo de producción de información y materiales, especialmente los que se refieren al abastecimiento de los productos que requieren ser pedidos con anticipación, es decir, que el proveedor no tiene en stock, que son los que normalmente determinan el ritmo de la entrega del proyecto y la regulan.

d) Ensamblaje “lean”

Lean assembly

El Ensamblaje “lean” comienza con la entrega de los materiales y la información relevante para su instalación. El ensamblaje se completa cuando el cliente hace uso del producto o servicio.

e) Uso

Use

El uso es el módulo que consiste en la entrega del producto o servicio al cliente final, después de pasar varias pruebas para certificar su calidad. También involucra acciones de mantenimiento y modificaciones que pudiesen ocurrir en el servicio. Una vez terminado esto se hace una evaluación Post-ocupación que servirá de lazo de aprendizaje para un próximo proyecto.

Otros 2 módulos del LPDS que se extienden a lo largo de estas fases son: Control de producción y la Estructura del trabajo.

a) Control de Producción.

Production control

Este módulo, como se mencionó, está presente a lo largo de todas las fases y se basa fundamentalmente en el uso de del “Último planificador” (Last planner) como el sistema de control de producción.

El control de producción consiste en el control del flujo de trabajo y de la unidad de producción. El flujo de trabajo a través los procesos “lookahead” y la unidad de producción a través de las planificaciones semanales de trabajo.

b) Estructura del trabajo

Working Structure

Este es un término creado por el LCI para indicar el desarrollo de los procesos y operaciones de diseño en concordancia con el diseño del producto, la estructura de la cadena de abastecimiento, la asignación de recursos, y los esfuerzos de diseño-ensamblaje.

El objetivo de estructurar el trabajo es hacer un flujo de trabajo más confiable y rápido mientras se añade valor para el cliente.

Finalmente el último módulo es la evaluación Post-Ocupación que conecta el final del proyecto con el inicio de otro.

Evaluación post-ocupación (POE).

Post-Occupancy Evaluation

En el Lean Project Delivery System, POE es mostrado como un lazo de retroalimentación desde el final de un proyecto hasta el inicio del siguiente. Como tal,

esto representa la multitud de lazos de retroalimentación que promueven el aprendizaje durante todo el proceso de entrega. POE es en sí mismo simplemente la evaluación del proceso de entrega de un proyecto después que el producto o servicio está en uso.

La idea es determinar por inspección, medición y preguntas, cómo está siendo usado actualmente el producto (por ejemplo, cómo están siendo usados los espacios funcionales en comparación con el propósito de diseño), cómo está funcionando el servicio (por ejemplo el consumo de energía, de agua, etc.), y cuánto se conoce de las necesidades de los usuarios. Esto permite verificar si los procesos de diseño y los procesos de construcción han sido los adecuados.



BIBLIOGRAFÍA

- FABRICIO, M.M. y MELHADO, S.B. *Qualidade no processo de projeto*. Sao Paulo. 2004.
- BALLARD, Glenn y HOWELL Gregory. *Lean project management*. Building Research & Information. 2003.
- FABRICIO, M.M. *Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios*. São Paulo. 2002. 329p. Tesis (Doctorado) Escuela Politécnica, Universidad de São Paulo.
- BALLARD, Glenn. *LCI White Paper Nº 8 Lean project management*. Lean Construction Institute. 2000.
- <http://www.plastunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp>
- <http://www.neweurocomponents.com>. (Eurocomponents Spa.)
- <http://www.leanconstruction.org>. (Lean Construction Institute).

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO ACTUAL SOBRE LA APLICACIÓN DEL DISEÑO “LEAN” EN LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN.

Con el propósito de obtener un diagnóstico claro respecto a la aplicación del Diseño “Lean” en los proyectos de edificación, se realizó en Lima 122 encuestas entre los diferentes involucrados en el diseño de proyectos de edificación. Las encuestas se dirigieron a:

- Coordinadores de proyectos.
- Ing. Residentes.
- Especialistas (Arquitectos, Ing. Estructurales, Ing. Sanitarios, Ing. Eléctricos e Ing de Suelos) y
- Maestros de Obra.

De las 122 encuestas realizadas, 12 fueron contestadas por Coordinadores de proyectos, 40 por Ing. Residentes, 19 por Especialistas, y 51 por Maestros de Obra.

En algunos casos, los coordinadores y especialistas pertenecían a un mismo proyecto, lo mismo que los ingenieros residentes y maestros de obra. En total, las 122 encuestas provienen de 100 proyectos de edificación, que se obtuvieron visitando 74 obras y 26 oficinas de los distintos involucrados.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.

Una de las primeras preguntas en las encuestas fue sobre el tipo de empresa a la que pertenecían los encuestados, resultando un 63% de empresas medianas seguida por un 22% de empresas pequeñas y un 15% de empresas grandes. Por otro lado, un 24% de los proyectos estudiados tenían un área construida entre 300 y 1,000 m², un 31% entre 1,000 y 3,000 m², otro 31% igual lo conformaban proyectos de 3,000 a 6,000 m², y un 15% proyecto de más de 6,000m². Esto último nos indica que las encuestas se distribuyeron de manera uniforme según el tamaño del proyecto.

En cuanto al sistema constructivo utilizado se encontró que un 42% de los proyectos se construyeron con el sistema aperticado, un 30% con muros vaciados en sitio y 28% con albañilería confinada. Asimismo, un 43% fueron edificios de 3 a 6 pisos, un 40% de 7 a 10 pisos y 18% de 11 a más pisos. De estas primeras cifras podemos observar que la muestra se trata de proyectos con los tres sistemas

constructivos más utilizados en el Perú por muchos años con diferentes magnitudes de obra y de distintos número de pisos, sin embargo como se observará más adelante esta condición no significa una ventaja para los constructores que con su basta experiencia continúan resolviendo diversos problemas en la obra ocasionados por ineficiencias en el diseño del proyecto y por ese divorcio existente entre el diseño y la construcción.

2.2. DISEÑO DE LAS ENCUESTAS.

En el capítulo anterior presentamos los primeros conceptos acerca de la filosofía “lean” para la gerencia de proyectos, la que propone en su fase de diseño un grupo de 6 procesos, los cuales explicaremos detalladamente en el capítulo 4, que han sido tomados para formular las preguntas de las encuestas.

Estos 6 procesos son:

- Proceso 1: Organizarse en Equipos multidisciplinarios
- Proceso 2: Seguir una estrategia basada en múltiples alternativas de solución
- Proceso 3: Estructurar el trabajo para acercarse al ideal "lean"
- Proceso 4: Minimizar las iteraciones negativas
- Proceso 5: Usar el sistema del último planificador para el control de producción
- Proceso 6: Usar tecnologías que faciliten el diseño lean.

Para ello, se diseñaron 4 tipos de encuestas, una dirigida a coordinadores de proyectos, con 20 preguntas, otra para los Ing. Residentes, con 9 preguntas, otra para los especialistas, con 9 preguntas también y finalmente una dirigida a los Maestros de obra, con 5 preguntas. (Las encuestas se presentan íntegramente en los anexos de la presente tesis)

Cada pregunta de una encuesta estaba relacionada a uno o más de los procesos presentados, para de esta forma obtener el nivel de aplicación del Diseño “Lean. Por ejemplo, el proceso 5 se refiere a usar el sistema del “Último planificador” como control de producción, es decir debe existir algún tipo de control durante la etapa de diseño, en este caso una de las preguntas que se le planteó a los Ing. Residentes fue “Los

especialistas luego que han diseñado los planos ¿Han visitado la obra? Y si la han visitado ¿Con qué frecuencia?”. De igual forma se planteó la misma pregunta a los especialistas, finalmente el conjunto de las respuestas es lo que se presenta como uno de los resultados del proceso 5.

Finalmente, además de las preguntas referida a los procesos del Diseño “lean” se hicieron 2 preguntas respecto al grado de influencia y de eficiencia del diseño de los distintos proyectos de edificación que se realizan en nuestro país, para de esta forma complementar la evaluación y saber la percepción del estado actual del diseño.

2.3. RESULTADOS OBTENIDOS

2.3.1 Organizarse en Equipos Multidisciplinarios.

La primera recomendación que hace el LCI respecto a la fase de diseño es que se trabaje con un equipo conformado por todas las especialidades, llamándolo “Equipo Multidisciplinario”. Al respecto se obtuvo que solo en un 8% de los proyectos las coordinaciones se realizan con todas las especialidades durante el diseño. Esta cifra nos debe llamar la atención pues hay que tener en cuenta, que una parte de este porcentaje son equipos multidisciplinarios y otros son simplemente grupos multidisciplinarios, pues existen diferencias muy claras entre estos dos términos, tal como se explicará en el capítulo 4, pues según la naturaleza del trabajo de diseño, ésta necesita de equipos y no de grupos.

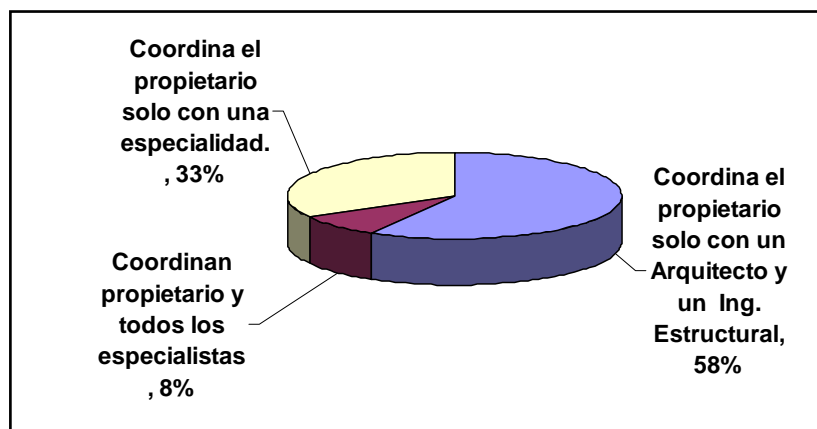


Gráfico 2.1 Coordinación entre involucrados de un proyecto de edificación.

De esto podemos concluir que una de las causas fundamentales de las deficiencias en el diseño surge desde que, en un inicio se opta por trabajar el diseño sin mayor comunicación con todas las especialidades y formando grupos donde cada uno de los miembros responde por su trabajo de manera individual sin coordinarlo con el resto.

Esto último se puede apreciar claramente cuando en el siguiente resultado, donde un 67% de los coordinadores de los proyectos encuestados coincidieron que arquitectura y estructuras son las especialidades prioritarias en el diseño, dejando de lado a las otras especialidades que forman parte también parte del proyecto.

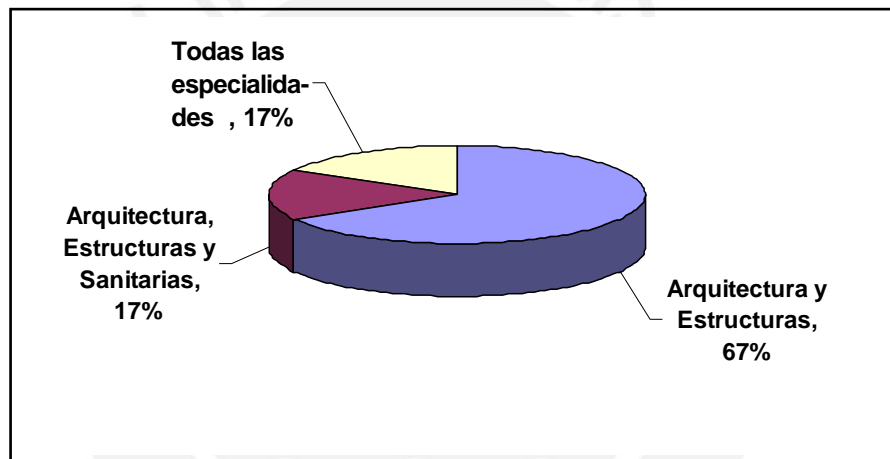


Gráfico 2.2 Especialidades más importantes.

Sin embargo como veremos más adelante, es justamente en estas dos especialidades donde se presentan los mayores incompatibilidades entre sus planos, es decir, se evidencia la existencia de un trabajo aislado por parte de los diseñadores.

Como un dato adicional mencionaremos que de todos los proyectos estudiados, el 55% de estos eran coordinados en su etapa de diseño por Arquitectos, un 34% de los mismos por Ing. Civiles y un 11% por otras profesiones.

Por otro lado, el LCI recomienda la participación de los constructores en el diseño, a través de su opinión y experiencia, y de esta forma hacer que la fase de diseño considere también otras etapas del proyecto, en este caso la ejecución o construcción. Los resultados arrojaron que un 81% de los proyectos estudiados no

presentan participación alguna de los constructores, lo que evidencia, lo que al inicio del capítulo mencionábamos, un divorcio existente entre diseño y construcción.

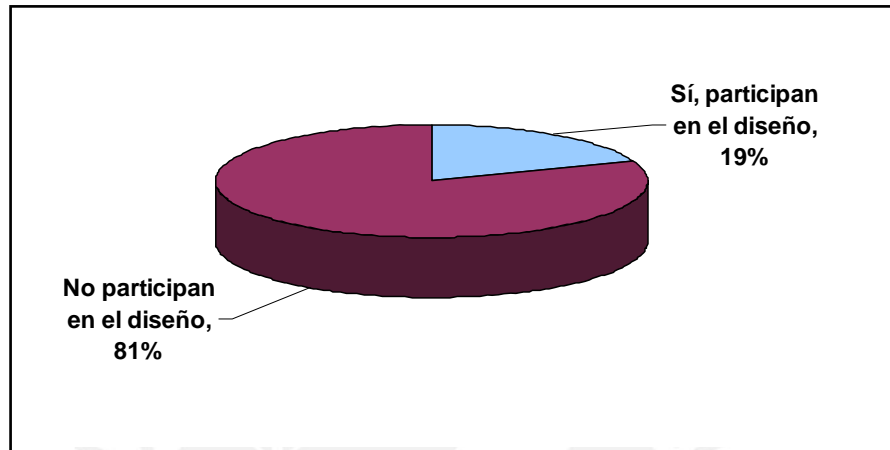


Gráfico 2.3 Participación de los constructores en el diseño.

Al dejarse de lado la participación de los constructores en el diseño, es evidente que se omitirán muchas consideraciones constructivas, encontrando luego en la obra, planos que los constructores deben de modificar para poder avanzar con el trabajo, por ejemplo se encontraron casos como tuberías de agua que debían atravesar una junta sísmica, medidores de luz que debían ser empotrados a lo largo de un muro de concreto armado, tubos de instalaciones eléctricas que debían pasar por la sección de una placa de dimensiones insuficientes, etc.

Todo esto sin tomar en cuenta que muchas veces esas modificaciones son realizadas por maestros de obras que no siempre están totalmente capacitados para encontrar la mejor solución.

2.3.2 Seguir una estrategia basada en múltiples alternativas

Como segundo proceso el LCI propone desarrollar un abanico de opciones antes de tomar una decisión precipitada en el diseño, pues considera que el tiempo invertido en estudiar más opciones es menor que el tiempo que se gasta en corregir los errores producidos por tomar decisiones precipitadas. A este respecto, se les preguntó a los coordinadores de los proyectos si para la elección del sistema constructivo, es decir,

sistema aporticado, albañilería confinada, muros vaciados u otro, se había estudiado más de una alternativa, resultando que un 67% optan por seguir con el sistema con que vienen trabajando en obras anteriores, guiándose de la experiencia y la costumbre sin analizar si su opción representa la mejor para el proyecto.



Gráfico 2.4 Estudio de otras alternativas

En este último resultado, si bien solo existen 3 sistemas constructivos que se utilizan en la actualidad, el estudio de cada una de las alternativas permite que los diseños puedan tener ciertas variantes que salgan de lo tradicional por ejemplo el uso de ladrillos de concreto para la albañilería confinada, o unidades silico-calcáreas para tabiques en sistemas aporticados.

El Diseño “lean”, tal como se mencionó, busca que se estudien más opciones de diseño de tal forma que esto genere ideas innovadoras u opciones que puedan agregar valor al producto. Esto último es importante, por ello se les preguntó a los Coordinadores de los proyectos qué es lo que distinguía a su proyecto, es decir en dónde se enfocaron para agregar valor a su producto, obteniéndose que un 50% de los proyectos pone especial atención al diseño arquitectónico. Por otro lado, como complemento a la pregunta se les planteaba, como una opción de innovación para agregar valor, la aplicación de la constructabilidad, a lo que un 25% de los encuestados reconoció usarla.

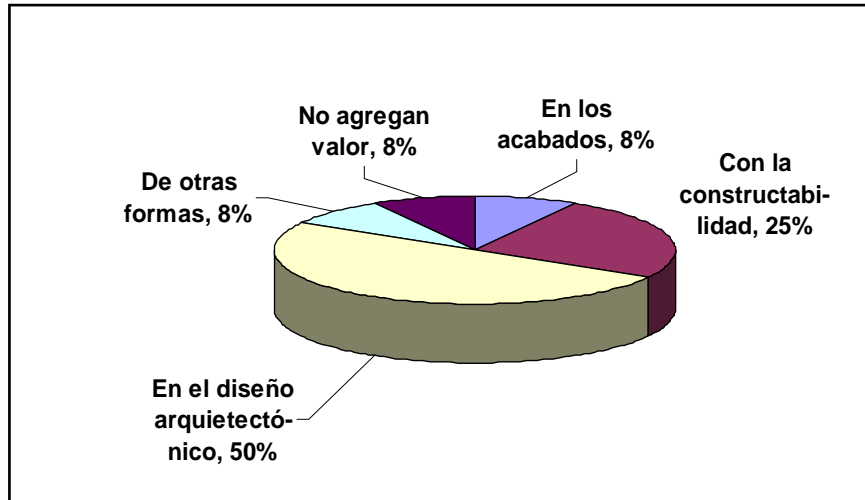


Gráfico 2.5 ¿Cómo agrega valor a su diseño?

2.3.3 Estructurar un trabajo que se acerque al ideal “lean”.

Para ello, el LCI propone que el diseño del proceso y del producto (dichos conceptos se explicarán en el capítulo 4) se desarrollen de manera paralela e iterativa, por ejemplo que el diseño de los planos estructurales (diseño del producto) vaya de acuerdo con los frentes de trabajo que se piensan realizar (diseño del proceso). Al respecto encontramos que un 92% de los coordinadores manifiestan que sus proyectos si se diseñan de esta forma.

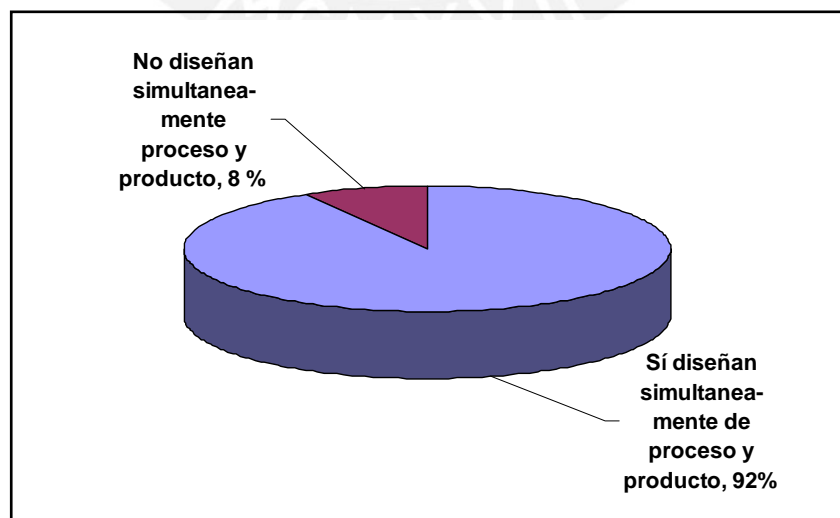


Gráfico 2.6 Diseño simultáneo del proceso y del producto.

Este resultado parecería alentador, sin embargo se contradice con los resultados encontrados en las visitas en obra que observaremos más adelante.

2.3.4 Minimizar las iteraciones negativas.

Los re-trabajos en el diseño, llamados también iteraciones negativas, no se consideran pérdidas si estos agregan valor al producto. Estas iteraciones negativas por lo general se producen debido a descoordinaciones entre los especialistas e involucrados en el proyecto, generándose unos lazos (loops) de comunicación cada vez que se relacionan unos con otros.

Estos lazos de comunicación entre involucrados tienen mayor posibilidad de convertirse en iteraciones negativas en cuanto el grupo de trabajo sea más numeroso. Al respecto, en el caso de los especialistas (arquitectos, ingenieros estructurales, sanitarios, etc.) se encontró que un 89% de los mismos realizan sus coordinaciones con menos de 5 personas durante el diseño del proyecto, es decir es un grupo pequeño que debería coordinar los detalles con facilidad y eficiencia, sin embargo esto no sucede así, existe entonces una ausencia de formas claras de comunicación durante el diseño de los planos.

Como consecuencia de estas iteraciones negativas surgen los errores en los planos, lo que demanda hacer modificaciones y por ende se requiere de más tiempo para entregar los planos definitivos. Pero cuál es la especialidad que paga el precio de éstas iteraciones negativas. Según el 54% de los coordinadores y especialistas encuestados es la arquitectura donde se producen las mayores modificaciones por errores de este tipo, seguido por un 38% que manifiestan que es en las estructuras y un 8% que son en las instalaciones sanitarias y eléctricas.

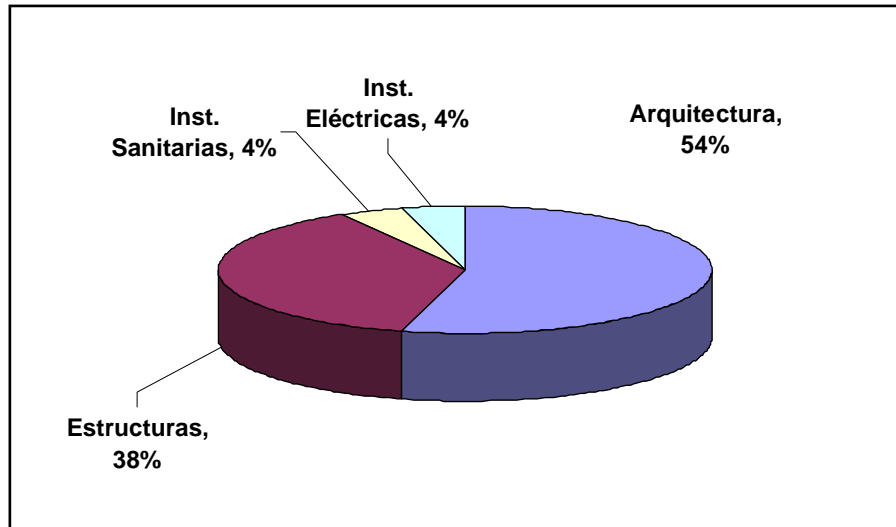


Gráfico 2.7 ¿En qué especialidad se producen las mayores modificaciones?

Es natural suponer que estas modificaciones son superadas antes de empezar la obra, y para darnos una mejor visión de lo que allí ocurre, se les preguntó a los Maestros de obra *¿En los planos de que especialidades encontró mayores problemas durante la ejecución de la obra?*

Los resultados fueron que 73% de los problemas se deben a los planos de arquitectura y estructuras y un 16% se encuentran en las instalaciones sanitarias y eléctricas.

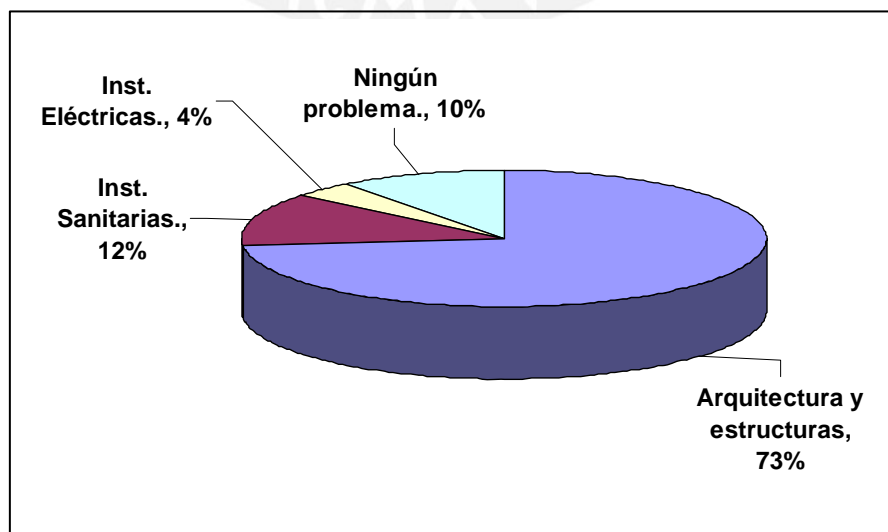


Gráfico 2.8 Especialidades que presentan problemas en obra.

Esto significa que a pesar de las modificaciones realizadas en el diseño, los problemas continúan en similar proporción en las mismas especialidades. Es decir hay una falta de control de calidad de los procedimientos y cambios realizados en el diseño del proyecto.

2.3.5 Usar el sistema del “Último planificador” para el control de producción.

Para el diseño es importante llevar un control de las actividades realizadas, y para ello el LCI propone el sistema del “Último Planificador”. En la actualidad solo un 45% de los proyectos encuestados realiza algún tipo de control en el diseño, ninguno de ellos con el sistema del “Último Planificador”, lo que se hace más bien es un control a través de la revisión de los acuerdo tomados en las reuniones de coordinación pero de una manera muy ligera.

Otra forma de control por parte de los especialistas es que ellos visiten la obra con cierta frecuencia no solo para verificar y coordinar el buen desarrollo de sus diseños, que es necesario, sino para observar los problemas ocurridos en obra debido a sus diseños y evitarlos en un siguiente proyecto. Así, encontramos que el especialista que más frecuenta la obra son los arquitectos, 48% de ellos visitan la obra una o más veces por semana, y 22% una a 3 veces por mes.

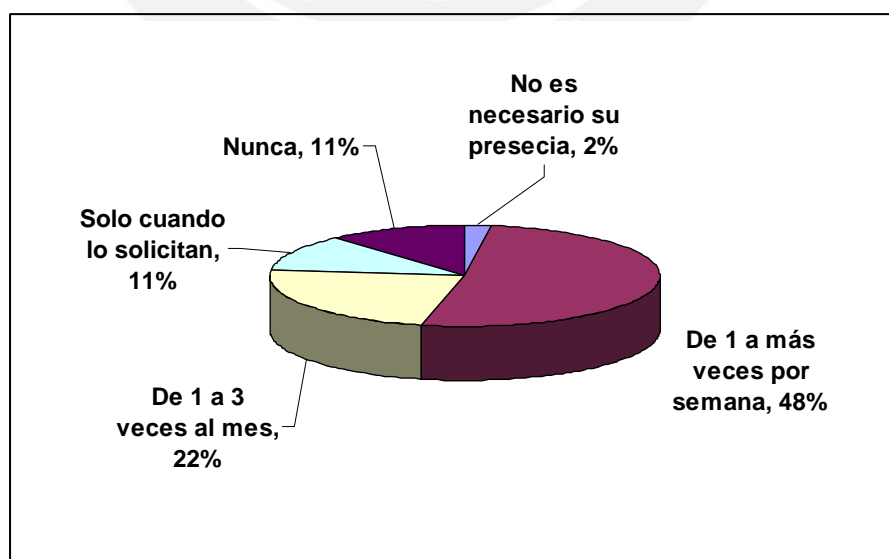


Gráfico 2.9 Frecuencia de visita de los arquitectos a la obra.

Este resultado es rescatable pues permite que se lleve a cabo un mayor control en obra en lo que respecta a la arquitectura. Sin embargo ¿Por qué ocurren los mayores problemas en esta especialidad? ¿Si los arquitectos están desde el inicio del diseño? Definitivamente no solo es necesaria su presencia sino una coordinación estrecha con las demás especialidades.

Por otro lado 52% de los Ing. Estructurales no visitan la obra (o van solo cuando se los solicitan). Esto desfavorece una visión de obra necesaria para realizar un diseño que necesita en la actualidad de un trabajo en conjunto: diseño y construcción.

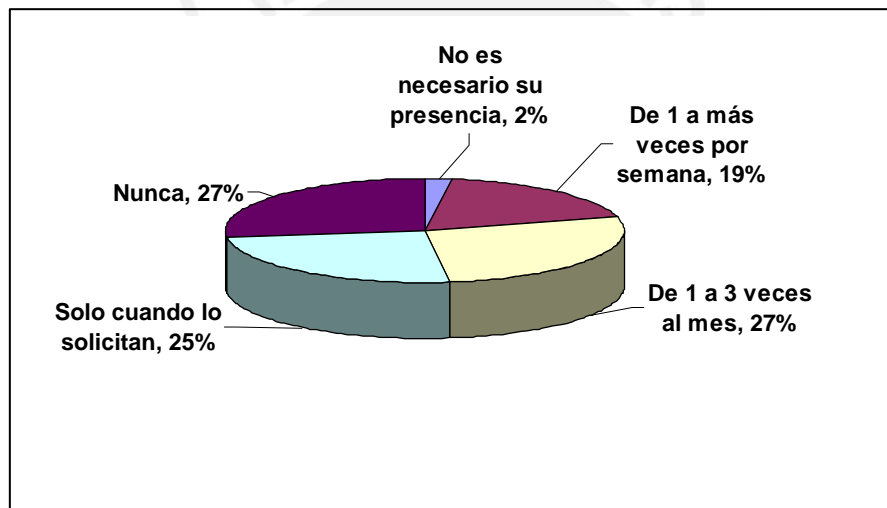


Gráfico 2.10 Frecuencia de visita de los ing. Estructurales a la obra.

En el caso del resto de especialistas, un 70% de ellos (Ing. Sanitarios, Ing. Eléctricos, y Ing. Mec. De Suelos) no visitan en ningún momento la obra o solo la han visitado una vez durante su ejecución. En nuestro país, todo esto es una costumbre y se refleja en los resultados presentados, los cuáles desfavorecen la buena performance del diseño y por ende de la obra



Gráfico 2.11 Frecuencia de visita de los demás especialistas a la obra.

Esta falta de control en el diseño permite que durante el desarrollo de la obra se encuentren problemas que pudieron resolverse antes. Así, encontramos que claramente el mayor problema, como podía presagiarse, dado los resultados anteriores, fue **la incompatibilidad de planos entre las distintas especialidades**, representando el 35% de los problemas ocurridos en obra debido a un mal diseño, seguido de un 13% que se refiere a la incompatibilidad con los requerimientos municipales y/o con la normativa actual. El resto de problemas los encontramos en las modificaciones realizadas en obra debido a errores en una de las especialidades, como por ejemplo los mencionados en el acápite 2.3.1.

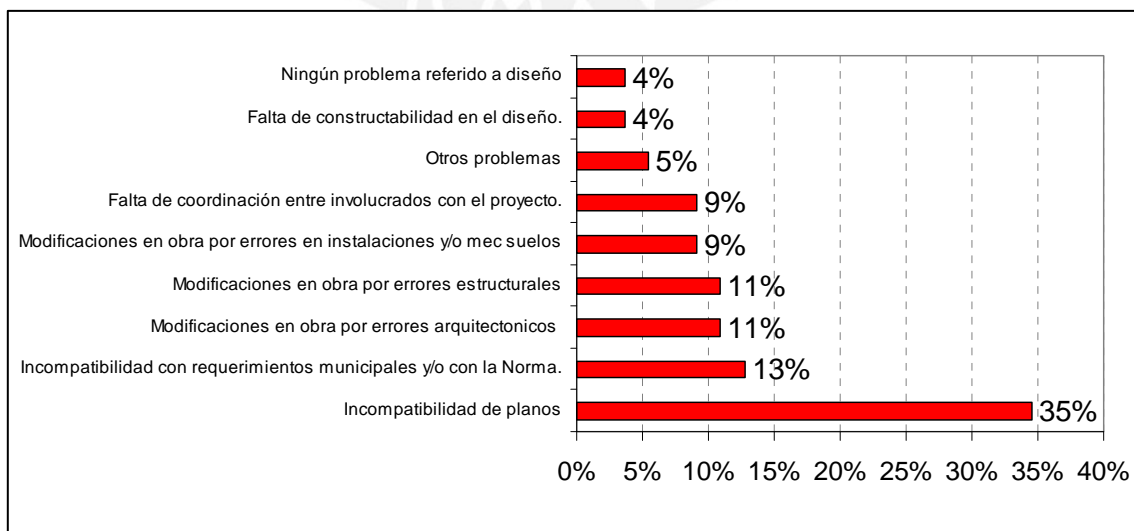


Gráfico 2.12 Problemas ocurridos en la obra debidos a un mal diseño.

2.3.6 Usar tecnologías que faciliten el Diseño “lean”.

Al respecto el LCI propone el uso de modelos en 3D y 4D para mejorar el diseño del proceso y producto, sin embargo solo el 18% de los proyectos encuestados conocían esta tecnología.

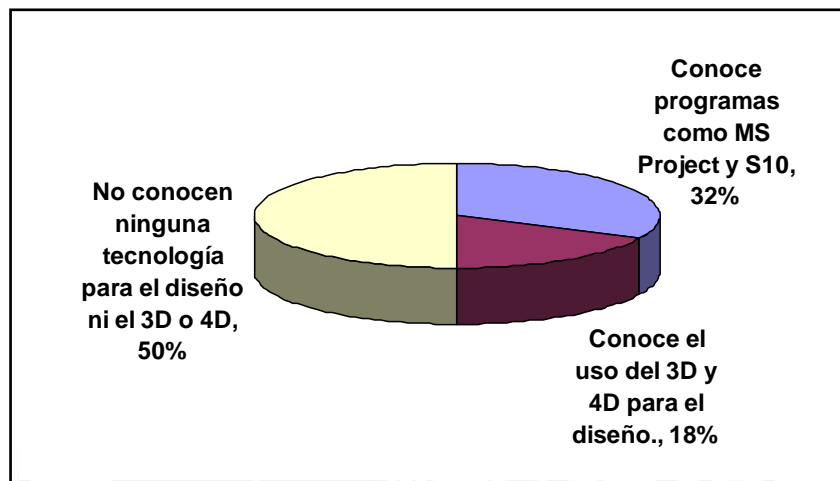


Gráfico 2.13 Conocimiento de tecnologías para mejorar el diseño.

Esto quiere decir que en la actualidad si se quisiera mejorar la fase de diseño no solo bastaría con saber la importancia de ésta sino también será necesario conocer y tecnologías que ayuden a hacer más eficiente esta fase.

Otra tecnología que favorece una mejor coordinación entre los involucrados en el diseño del proyecto es el uso de una Intranet, que permitiría una mayor eficiencia en la comunicación y de esta forma disminuir el grado de incompatibilidad de planos y de iteraciones negativas.

Al respecto se encontró que un 84% de los encuestados realiza sus coordinaciones a través del trato persona-persona y a través del correo electrónico, es decir hay un campo de acción para el uso de intranets.

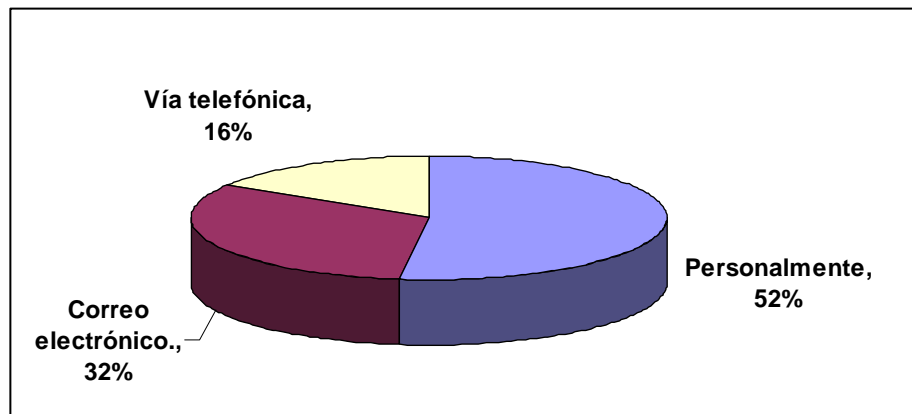


Gráfico 2.14 Medios de comunicación usados entre proyectistas.

Estas han sido las conclusiones provenientes de las encuestas que se enfocaron en los procesos del Diseño “Lean” para poder determinar su aplicabilidad en el diseño actual. Adicionalmente, se realizaron dos preguntas a los involucrados respecto al grado de eficiencia del diseño y sobre cuánto influye el mismo para lograr buenos resultados en la construcción.

Respecto al primer punto se obtuvo que el 53% considera el grado de eficiencia del diseño en nuestro país como regular.

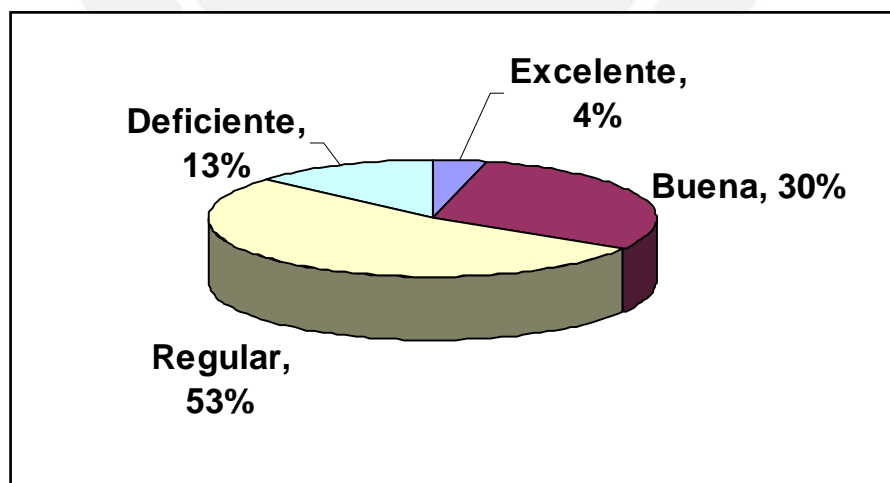


Gráfico 2.15 Grado de eficiencia de los diseños en nuestro país.

Esto nos hace notar que la opinión de los involucrados coincide con el estado real del diseño hoy en día en nuestro medio, como lo hemos podido apreciar en todos los resultados presentados a lo largo de este capítulo.

Por otro lado, los mismos encuestados coincidieron que un buen diseño influye de manera decisiva en la etapa de construcción tal como podemos apreciarlo en el siguiente cuadro, donde un 86% afirma que el diseño influye mucho en desarrollo de la construcción.

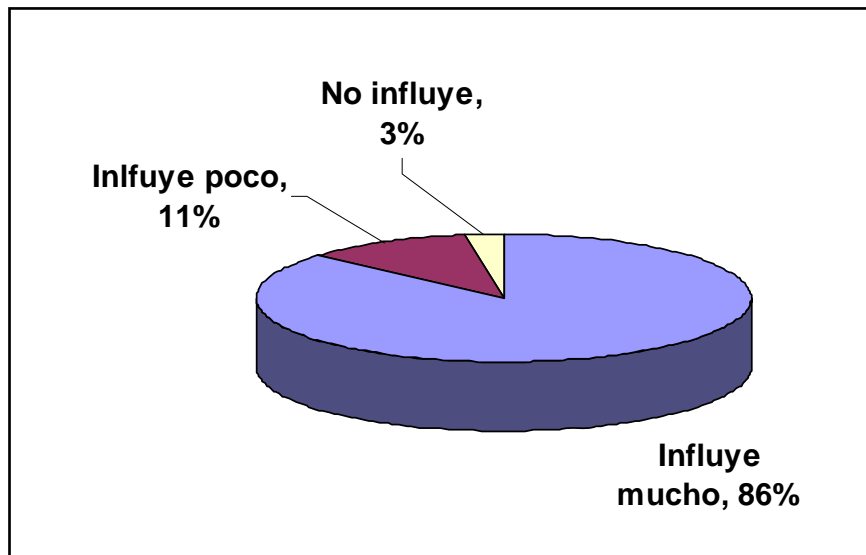


Gráfico 2.16 Influencia del diseño en el buen desarrollo de la construcción.

CAPÍTULO 3

DEFINICIÓN DEL PROYECTO

PROJECT DEFINITION

3.1 MÓDULOS DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO.

La Definición del proyecto es el primer paso en el desarrollo de un proyecto. El LCI en su modelo LPDS nos propone 3 módulos que representan esta fase, tal como lo podemos ver en la siguiente figura.

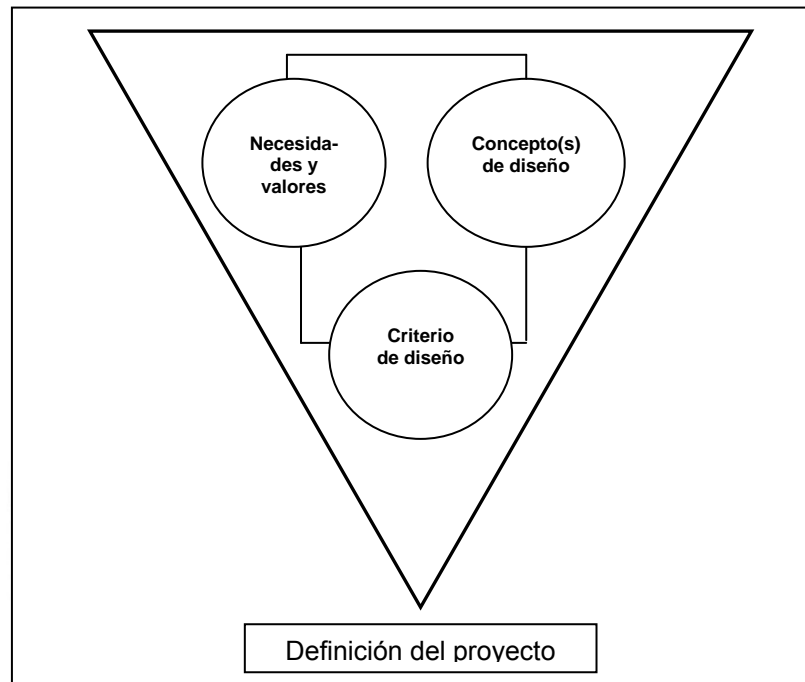


Figura 3.1 Fase N ° 1: Definición del proyecto. (Ballard y Zabelle, 2000)

3.1.1 NECESIDADES Y VALORES.

El primer módulo en la Definición del proyecto es la de identificar las necesidades y valores, en otros documentos se le llama “propósitos” del cliente final.

Hoy en día, el mercado inmobiliario muestra un gran dinamismo, debido a los programas de vivienda que se vienen desarrollando, lo que demanda que los constructores conozcan más de cerca lo que su cliente espera encontrar en una vivienda, sin embargo no se está investigando las características de esa vivienda que el cliente busca, es decir muchas veces se desconoce las necesidades y valores del cliente final.

A continuación se presenta un primer alcance sobre qué significan ambos términos:

En primer lugar, una **necesidad** es un impulso irresistible que hace que las cosas obren infaliblemente en cierto sentido. Mientras que un **valor** significa el grado de utilidad o aptitud de las cosas, para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar o deleite.¹

Ambos términos como se puede apreciar están relacionados, pues el valor sirve para satisfacer las necesidades, así por ejemplo un carro tiene un valor en dinero que satisface la necesidad de transporte de quien lo usa.

Por otro lado, el Marketing, toma estos conceptos como parte de su teoría central, y se basa en el concepto de las **necesidades humanas**, que las divide en **físicas básicas** (comida, ropa, vivienda, etc.) **sociales** (de pertenencia, de afecto, etc.) e **individuales** (de conocimiento, de auto expresión, de superación, etc.). Por ejemplo, la vivienda no solo satisface una necesidad básica sino también una necesidad social e individual pues el que desea una vivienda lo hace también por sentirse parte de la sociedad y como logro de un objetivo individual.

En el mundo muchas compañías invierten grandes sumas de dinero en estudios de marketing con el fin de saber las necesidades, deseos y demanda de sus clientes. Por ejemplo en Disney World, cada gerente, al menos en una ocasión en su carrera, dedica un día en recorrer el parque disfrazado de Mickey, Minnie, Goofy u otro personaje. Y en Marriott, a fin de mantenerse en contacto con los clientes, el Director general y Presidente Bill Marriot, lee personalmente cerca del 10% de las 8,000 cartas y el 2% de las 750,000 tarjetas de comentarios que los huéspedes entregan cada año. En la industria de la construcción son muchas las compañías que desconocen las necesidades de sus clientes y se guían de referencias de amigos o de la intuición, y existe una desinformación al respecto.

En lo que respecta al **valor**, para el marketing significa la diferencia entre los valores que el cliente obtiene al poseer y usar un producto y los costos de obtener el

¹ Diccionario SOPENA, 1995.

producto. Por ejemplo, los clientes de FedEx reciben varios beneficios: la entrega rápida y confiable de sus paquetes es el más obvio, sin embargo, al usar FedEx los clientes podrían recibir también algunos beneficios de status e imagen. Es decidir si envían o no un paquete por FedEx, los clientes sopesan éstos y otros beneficios contra el dinero, esfuerzos y costos psíquicos de utilizar el servicio.²

Ahora bien, no es común que los clientes juzguen los valores y costos de los productos con exactitud y objetividad. Ellos actúan según el valor percibido. Por ejemplo, ¿En realidad la entrega de FedEx es más rápida y confiable? En tal caso ¿este mejor servicio justifica los precios más altos que FedEx cobra? Y en la construcción, una casa construida en San Isidro no significa que necesariamente tenga un buen diseño estructural y que justifique el valor del inmueble, sin embargo su valor en dinero e imagen se ve respaldado por su ubicación.

3.1.2 CONCEPTO Y CRITERIO DE DISEÑO.

Estos dos módulos son fundamentales durante la fase de la definición del proyecto, pues según el LPDS, una vez que éstas, en conjunto con las necesidades y valores, lleguen a un punto de coincidencia se podrá entonces pasar al diseño del proyecto.

El **concepto**, es la idea que concibe el entendimiento o el pensamiento que se expresa con palabras. Mientras que el **criterio**, es la norma para conocer la verdad, es el juicio o discernimiento sobre un tema.³

Es decir, el concepto es la idea que tenemos de cualquier cosa concebida gracias al uso de uno o varios criterios. En el caso del concepto de diseño y el criterio de diseño para un proyecto de edificación podemos definir lo siguiente:

² Kotler, 2003

³ Diccionario SOPENA, 1995.

El **concepto de diseño**, es la idea de un lugar o cosa expresada en palabras, dibujos o esquemas con la finalidad de definirla. Mientras que el **criterio de diseño** es el conjunto de normas o pautas que se toman en cuenta para la concepción de un a idea o concepto. Es el producto del conocimiento o experiencia de uno o varios temas.

Siguiendo la filosofía “lean” ambos términos deben ir de la mano y durante la fase de la Definición del proyecto se relacionan de manera iterativa a través de las reuniones del equipo del proyecto con la finalidad de agregar valor para el cliente final conociendo las necesidades del mismo.

Esta iteración termina cuando se ha llegado a un concepto de diseño final con el cual el equipo está de acuerdo y de esta forma se pasa a la fase del diseño “lean”. Por esta razón, el LPDS define el módulo del Concepto de diseño como el módulo en común y nexa entre la Definición y el Diseño “lean”.

Generación del concepto de diseño.

Una vez que los propósitos (necesidades y valores) han sido determinados provisionalmente y se han producido los principales criterios de diseño, es posible evaluar entonces las alternativas de conceptos para el producto, en nuestro caso para un edificio multifamiliar, que ampliarán los criterios y satisfarán los propósitos.

No existe una secuencia o movimiento ideal a través de los módulos de la Definición del proyecto, por eso se dice que es iterativa. Por ejemplo, un arquitecto o ingeniero puede escuchar los deseos de lo que el cliente quiere para un nuevo edificio, entonces comienzan a realizar esquemas, bocetos para explorar y aclarar lo que ha entendido de esos deseos. La clave no es secuenciar sino llegar a un acuerdo es decir alinear los propósitos, criterios y conceptos.

Pasos para la generación del concepto:⁴

1. Aclarar el problema.
2. Buscar exteriormente (usuarios, expertos, benchmarking, etc.).
3. Buscar internamente.
4. Explorar sistemáticamente.
5. Discutir sobre las soluciones y procesos.

La identificación explícita de las funciones del producto o de sus sistemas que están por satisfacer, es casi siempre importante en la clarificación del problema. Se puede hacer uso de un Árbol de Clasificación de Conceptos en el paso 4, la idea es tomar una función y hacer una lista de alternativas para mejorar esa función, y las alternativas para realizar cada una de esas funciones, y así sucesivamente. Un ejemplo puede ser el de una pistola disparadora de clavos manual que sería el producto desarrollado. Una función de la pistola es almacenar energía, la cual puede ser química, neumática, hidráulica, eléctrica, o nuclear. Cada uno de estos casos a su vez pueden ser estudiados, por ejemplo, la energía química podría venir de los sistemas combustible-aire o sistemas explosivos, la energía eléctrica podría venir de una salida de pared, batería o celda de combustible. Hay que considerar todas las alternativas, no importa que sea improbable su aplicación, por que esto puede provocar una idea creativa. Es obvio que la fuerza nuclear no sería usada para una pistola de este tipo pero se debe considerar esa alternativa pues podría llevar a una tecnología mejor.

La evaluación y selección de conceptos ocurre a través de la aplicación de las diferentes alternativas de propósitos y criterios. Los conceptos deben ser rechazados solo si son claramente inferiores o poco prácticos y no pueden ser mejorados en el tiempo disponible. Los conceptos restantes deben mantenerse y ejecutarse el “último momento de responsabilidad”, ese momento en que no hay tiempo suficiente para plantear más alternativas. Esta práctica es consistente con el principio ‘lean’ de hacer el trabajo solo cuando éste suelta trabajo a otro, y es la esencia del diseño basado en múltiples alternativas.⁵

⁴ Ulrich y Eppinger, 2000

⁵ Ballard y Zabelle, 2000.

Criterios de diseño

Los criterios de diseño en la fase de la Definición del proyecto provienen de las necesidades y valores del cliente. Por ejemplo un criterio de diseño para un edificio en Miraflores frente a una avenida principal será un diseño acústico que evite la transmisión del sonido de los carros a través de los ambientes de las viviendas. Otro criterio será un diseño que cuente con zona de recreación (piscina, gimnasio, etc.) debido al público al que se enfocan las ventas.

Los criterios de diseño pueden dividirse en dos, los generales y los de detalle.

Un criterio **general**, está referido a las necesidades primarias del cliente final, es decir, área de los departamentos, sistemas constructivos, zonas de parqueo, etc.

Un criterio **de detalle** es el referido a los aspectos más específicos del diseño, es decir, distribución de los ambientes en la vivienda, tipo de material a utilizar para los muros, tipo de acabado de los baños, etc.

A continuación se presenta un ejemplo acerca de un criterio de detalle y cómo este deriva en la generación de un concepto de diseño.

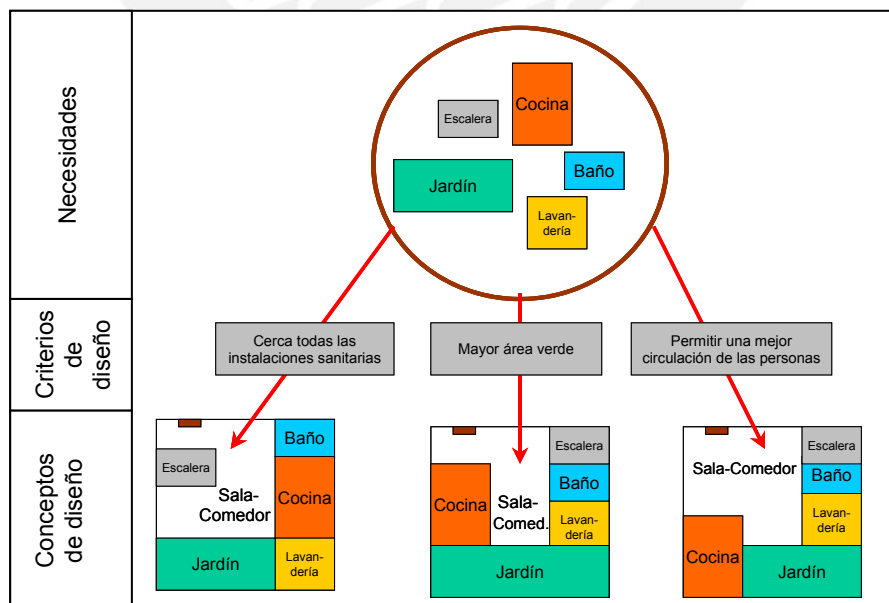


Figura 3.2 Ejemplo de criterios y conceptos de diseño.

En este ejemplo esquemático, el objetivo es el de decidir cuál es la mejor distribución de los ambientes para un duplex, este es solo el primer piso y los ambientes en círculo son los que se deben distribuir para una determinada área. Cada miembro del equipo del proyecto colabora con sus ideas y se observa que resultaron 3 alternativas que no son otra cosa que 3 **conceptos** del primer piso. Estos conceptos resultan de utilizar diferentes criterios (representados por las flechas), el primero de ellos usa un criterio **constructivo** de ubicar al baño, la cocina y la lavandería juntas con el objetivo de que todas las instalaciones sanitarias estén cerca y facilitar la colocación de tuberías durante la obra y en consecuencia ahorrar material. El segundo usa un criterio de **ventas** pues sabe que al público al que va dirigido el proyecto le gusta una mayor área verde en su jardín. El tercero usa un criterio **arquitectónico** pues le da a la sala un espacio amplio que permite la iluminación de todo el ambiente.

Finalmente de todos los conceptos presentados, el equipo debe optar por uno de ellos como el concepto de diseño final que se va a desarrollar.

3.2. PROCESOS DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

LPDS propone que la definición de un proyecto viene dada por los siguientes procesos:

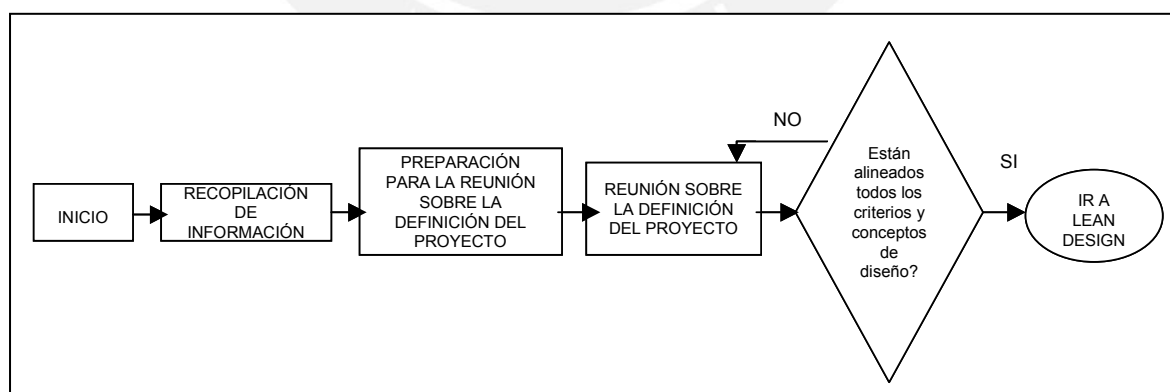


Figura 3.3 Procesos de la Definición del proyecto (Ballard y Zabelle, 2000)

Antes de empezar el recorrido por los procesos de esta fase definiremos quienes son **los involucrados** en un proyecto que tendrán participación en el equipo y de esa manera participación en la toma de decisiones.

Coordinador del Proyecto, la persona responsable de la dirección del proyecto. En muchos casos el papel del Coordinador de proyectos lo desempeña (aunque sin ese título) el dueño de una empresa constructora.

Cliente, es la persona u organización dentro del desarrollo del proyecto que utilizará el resultado(s) del mismo. Pueden haber múltiples niveles de clientes. Por ejemplo en un proyecto de edificación el mercado de posibles compradores de un departamento es el cliente final.

Especialistas, son los profesionales que han estudiado un campo específico de las edificaciones. Por ejemplo, arquitectos, ing. sanitarios, ing. estructurales, etc.

Inversionista, es la entidad, individuo, o grupo interno o externo al proyecto que proporciona los recursos financieros, en efectivo o de otra manera. Por ejemplo un grupo de empresarios que desea invertir sus ahorros en un proyecto de edificación.

Proveedor, es la entidad o individuo que proporciona de materiales y/o equipos para la construcción. En esta fase de la Definición del proyecto se considerarán solo unos pocos proveedores, por ejemplo el proveedor de ascensor.

Representante de ventas, son las personas que conocen las preferencias del cliente y las características del mercado inmobiliario.

3.2.1 INICIO

Es el primer proceso a través del cual se define el equipo del proyecto y las necesidades y valores del cliente.

Equipo del proyecto.

Si un grupo de personas tiene una meta en común lo ideal es trabajar en equipo. Asimismo para cualquier proyecto de edificación es necesario definir el equipo que tendrá la responsabilidad de llevar el proyecto a cumplir sus objetivos.

Algunas consideraciones al formar un equipo:

a) Identificación de posibles problemas.

Para conformar este equipo multidisciplinario vale tomar en cuenta:

- Dificultades entre los miembros del equipo y el líder.
- Dificultades entre los miembros del equipo.

Estos son puntos importantes a la hora de conformar el equipo pues dentro del mismo se necesita la mayor cooperación y la falta de afinidad o la presencia de problemas personales producirían un ambiente de disconformidad que afectaría en el rendimiento del equipo.

b) Definir las responsabilidades y compromisos de los miembros del equipo.

Si bien esto puede tomarse como un tema meramente subjetivo y relacionado al profesionalismo de cada integrante, es necesario que al formar un equipo, cada uno conozca de manera expresa a lo que se compromete como parte de un proyecto de edificación, pues uno de los resultados de las encuestas realizadas arroja una falta de compromiso e identificación de los diferentes involucrados con los objetivos del proyecto. Es así que para evitar omisiones y problemas de trabajo durante el desarrollo del proyecto las responsabilidades y roles de cada involucrado deben ser de público conocimiento dentro del equipo y asumidos desde el inicio del proyecto, es decir desde su definición.

Los miembros de un equipo deben comprometerse a:

- Presentarse a las reuniones durante la definición de un proyecto.
- Cumplir con las tareas encomendadas en las reuniones de definición del proyecto.
- Actuar en coordinación con el líder del equipo ante cualquier iniciativa que involucre los intereses de los involucrados en el proyecto.
- Respetar las reglas internas establecidas por consenso para el desarrollo de las reuniones y coordinación entre todos.

Tipos de equipos

El concepto de equipo está muy desarrollado y una clasificación es la de equipos **formales** e **informales**, a continuación algunas definiciones de estos tipos de equipo y la propuesta del LPDS. Luego desarrollamos las características que debe tener el líder del equipo.

Los equipos **formales** son los creados por los mismos gerentes o líderes para el desarrollo de las tareas por parte de los empleados. Estos equipos formales pueden ser de diferentes clases:

- De mando: que consta de un gerente y todos los empleados dependen de él.
- De comité: que por regla general dura mucho tiempo, y los miembros van cambiando periódicamente pero el comité dura a lo largo del tiempo.
- De proyecto: que se crean para atacar un problema específico. Una vez terminado el proyecto se desmantela el equipo.

Los equipos **informales**, surgen cuando un grupo de personas se reúne con regularidad y ayudan a afianzar los lazos de amistad a la par que comparten determinadas tareas. Estas tareas son desarrolladas entre todos los miembros en conjunto.

Por otro lado, tenemos los **equipos de alto desempeño** o **super equipos**, son uno de varios tipos que tienen características de los formales y de los informales. Estos equipos están conformados por un grupo de personas de entre 3 a 30 personas como máximo y cada una proviene de distintas especialidades. Lo que distingue a estos equipos es que en ellos se ignora la “jerarquía piramidal” tradicional donde existe un jefe en la cima y los trabajadores en la base. Los equipos de alto desempeño bien dirigidos se manejan solos, fijan su presupuesto, coordinan con proveedores, se fijan sus metas de productividad, etc.

Los equipos de alto desempeño (High performance team-HPT) funcionan bien en las áreas de servicios y las finanzas así como en la producción pues la ventaja de ser multidisciplinarios ayuda a resolver problemas complejos en la empresa con el aporte de cada uno.

El LPDS propone que el equipo debe ser un equipo “**multidisciplinario**” es decir un conjunto de múltiples especialistas, con el objetivo de permitir el intercambio de ideas, de alternativas, lo que más adelante definiremos como “iteraciones positivas” que generen valor para el cliente final. La característica de ser multidisciplinario lo acerca a la definición de un equipo de alto desempeño. Sin embargo esta clase de equipo es fruto de un trabajo a través del tiempo que no se consigue de un momento a otro, es decir el equipo va madurando en su desarrollo, tal como se presenta en la siguiente tabla donde se observa el grado de madurez de un grupo de trabajo, partiendo desde una colección de individuos hasta un equipo de alto rendimiento. Dicha clase de equipo es lo que consideramos que es el objetivo de un equipo que trabaja para un proyecto de edificación desde su inicio hasta el final.

Crterios	Colección de individuos	Grupo	Equipo	Equipo de alto rendimiento
Razón de ser	Producción individual	Intercambio de conocimientos.	Proyecto	Puesta en adecuación de la visión y del día a día
Relaciones	Individualistas:"cada uno para sí mismo"	Prioritarias:"hacer cosas juntos, estar en grupo"	Utilitarias:Cada uno se compromete en una misión común, las relaciones derivan de ellas	Abiertas:Corresponsabilidad, solidaridad, apoyo
Riesgos ligados a las relaciones	Puerta abierta a la competencia	Simbiosis:Prioridad a la relación/fusión	Conformismo, cada uno se limita a lo que se espera de él	Perdida de visión de la realidad: dar prioridad al sentido a costa de lo concreto
Comunicación	Técnica: intercambio de informaciones	Afectiva: apunta a conocer mejor al otro	Fundada en la confianza probada	Aceptación incondicional
Modo de definición de objetivos	Individual, desafío centrado en las actividades ligadas a la profesión de cada uno	Individual, pero con previa concentración: centrado en la satisfacción de las personas	Compartido: centrados en el éxito común	Para el equipo en relación con la visión compartida: cada uno contribuye al logro de dichos objetivos: reparto "móvil"
Crterios	Colección de individuos	Grupo	Equipo	Equipo de alto rendimiento
Relación entre las actividades	Poco o ningún vínculo interno.	Vínculos internos definidos por el directivo	Vínculos numerosos, flexibilidad en el reparto	Vínculos integrados
Métodos de trabajo	O individuales o definidos por el directivo	Intercambio de métodos personales para desplazarse a métodos colectivos	Comunes identificados, evaluados y capitalizados	Coexistencia de métodos individuales y de métodos comunes + innovación en los métodos
Toma de decisiones	Directivo: fundado en la autoridad de competencia o la legitimidad de status	Directivo, previa concertación del grupo	Por mayoría, previo análisis de las opciones	Mayoritariamente consensual; coexistencia de diferentes modos en función de la naturaleza de la decisión
Resolución de conflictos	Vía jerárquica	Técnica: abordados/afectivos: riesgos de estancamiento, de falsas interpretaciones	Confrontación: los conflictos se contemplan como fuente de progreso	Anticipación:Trabajo en paralelo sobre la producción del grupo y las relaciones

Tabla 3.1 Evolución de los grupos de trabajo. Gautier, 1997.

Miembros del equipo multidisciplinario.

Como se ha mencionado, los equipos de alta performance no utilizan una jerarquía piramidal y por lo general son autónomos. Sin embargo es necesario que exista un líder del equipo que podemos denominar **Coordinador del proyecto**, pues ésta será su labor fundamental dentro de un equipo de alto desempeño. Será la persona encargada de presidir las reuniones de la fase de la Definición del proyecto, recoger las opiniones de todos los especialistas y encausar las ideas para llegar a acuerdos, es decir lograr el objetivo final de esta fase que es la de alinear los propósitos, los criterios y conceptos de diseño en una misma dirección.

De acuerdo a las fases del proyecto el equipo va aumentando o disminuyendo de miembros. Para la fase de Definición del proyecto se propone que el equipo este conformado por:

- Coordinador del proyecto.
- Inversionista.
- Arquitecto.
- Ing. Estructural.
- Ing. Sanitario.
- Ing. Electricista.
- Ing. Mecánico de suelos.
- Representante de ventas.
- Proveedores.

Funciones de cada miembro del equipo.

Las funciones de cada miembro del equipo multidisciplinario son las siguientes:

- Coordinador del proyecto:
Se explicó anteriormente.
- Arquitecto:
Plantear la arquitectura preliminar del edificio.

- **Inversionista:**
Plantear las principales metas y objetivos económicos del proyecto.
- **Ing. Estructural:**
Aportar sus conocimientos y su experiencia para la mejor toma de decisiones sobre la estructura más adecuada para la edificación.
- **Ing. Sanitario:**
Dar a conocer los requerimientos de dotaciones de agua necesarios para el proyecto, ubicación preliminar de las montantes, de la cisterna, del tanque elevado, etc.
- **Ing. Electricista:**
Dar a conocer los requerimientos de electricidad para el proyecto, así como ubicación de los medidores de luz, de la sub-estación, etc.
- **Ing. Mecánico de suelos:**
Dar a conocer las características del suelo sobre el cual se construirá el proyecto, así como recomendaciones en caso de excavaciones profundas.
- **Representante de ventas:**
Dar a conocer claramente al equipo las necesidades de los demandantes y qué valora más el cliente final.
- **Proveedores:**
Proporcionar las características de sus productos y que influyen en el desarrollo de cualquiera de las especialidades del proyecto. Por ejemplo las dimensiones de la caja del ascensor que influyen en el diseño estructural.

3.2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta parte se rescatan las enseñanzas de proyectos anteriores a través de las Evaluaciones post-ocupación (POE), se definen los requerimientos del proyecto, se crea una base de datos de recursos del mercado y se elabora un perfil del comprador o cliente final.

Evaluaciones post-ocupación (POE)

Como se explicó en el capítulo 1, POE es un lazo de retroalimentación desde el final de un proyecto hasta el inicio del siguiente que representa la multitud de lazos de retroalimentación que promueven el aprendizaje durante todo el proceso de entrega. Es simplemente la evaluación del proceso de entrega de un proyecto a través de medición y preguntas después que el servicio está en uso.

A pesar que su origen ha sido la evaluación de edificaciones, POE puede ser usado para cualquier tipo de servicio, incluyendo fábricas, puentes, túneles, etc. La aplicación repetitiva puede desarrollar una base de datos del **criterio de diseño** para diferentes tipos de servicios. Tal base de datos puede ser un valioso 'input' en los proyectos dedicados en diseñar y construir tales servicios y una fuente de información sobre las necesidades de los usuarios.

Las POE pueden ser valiosos también para mejorar el rendimiento de proyecto a proyecto. Por ejemplo, gracias a un exhaustivo POE en las prisiones de California, se descubrió que la pintura epóxica no era una buena superficie para las paredes y pisos de la zona de duchas de los baños. A pesar de ser más barato que los cerámicos, la pintura epóxica requería frecuente repintado y costaba más a largo plazo.⁶

⁶ Ballard y Zabulle, 2000

Requerimientos de los involucrados y del proyecto.

En esta parte de la Definición del proyecto el coordinador debe identificar las demandas de los involucrados para de esta forma plantear de manera más clara los objetivos y alcances del proyecto.

El LPDS propone que exista un flujo **continuo** de trabajo, para ello durante la Definición del proyecto son muchos los momentos que el flujo continuo de esta definición del proyecto puede detenerse, una forma de evitarla es definirla de manera eficaz. Para lograrlo es necesario identificar claramente los requerimientos de los involucrados y del proyecto.

Las demandas o **requerimientos de los involucrados**, son los objetivos que ellos quieren lograr con el proyecto, entonces el Coordinador es el encargado de recoger toda esta información de manera de compatibilizarla y de esta forma definir los objetivos del proyecto, ya sean estos económicos, profesionales, de plazos, etc. Es decir llevar al equipo hacia una misma dirección y que durante el camino no ocurran discrepancias entre los involucrados por diferencias en la forma de cómo ven el proyecto cada uno de ellos.

Uno de las grandes problemas al momento de Definir un proyecto son los trámites municipales y/o los permisos correspondientes, esto sucede muchas veces por que se desconoce nuestro propio reglamento y las exigencias que la Municipalidad de cada distrito tiene para la ejecución de un proyecto de edificación, lo que provoca suspensión de licencias, observaciones al proyecto, etc. Es entonces en esta parte de la Definición del proyecto donde se debe recopilar y tener presente toda la información, los **requerimientos del proyecto** y de esta de esta forma permitir un flujo continuo del proyecto.

- *Sobre el Reglamento Nacional de Edificaciones.*

En el nuevo Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) podemos encontrar la información normativa concerniente a un proyecto de edificación, por ejemplo: altura mínima de entresijos, ancho mínimo en pasadizos, etc.

- *Sobre las Normas técnicas de edificación.*

Las normas técnicas son otra fuente de información necesaria para definir de manera eficiente el proyecto. Por ejemplo las normas técnicas de estructuras, de suelos, y de albañilería confinada, incluso tenemos normas de seguridad en la obra, las cuales si se conociesen antes de iniciar la ejecución del proyecto se evitarían multas por parte del Ministerio de Trabajo por incumplimientos en este tema.

- *Sobre las Municipalidades.*

Los requerimientos municipales juegan un papel importante a la hora de Definir el proyecto, por ello consideramos que el equipo del proyecto debe detenerse en estudiar los diferentes requisitos, parámetros, trámites, ordenanzas municipales, etc., necesarios para la aprobación del proyecto.

- *Sobre INDECI.*

Una de las distintas funciones que cumple el INDECI es velar por la seguridad de las instalaciones de un edificio así como el control de siniestros, y tiene la potestad de rechazar un proyecto cuando éste no está cumpliendo con ciertas normas. Por ello es necesario conocer los requisitos que esta identidad obliga para un proyecto de edificación.

- *Sobre el Cuerpo Nacional de Bomberos.*

Esta institución, vela por que la edificación a construir cumpla con los requisitos mínimos para combatir un incendio, por ejemplo que posea rociadores, extintores, etc. Requisitos y normas que son necesarios de conocer al momento de definir el proyecto.

Base de datos de recursos del mercado.

Para agilizar la definición del proyecto podemos tener una base de datos de los recursos del mercado, es decir un catálogo de materiales, proveedores, fichas técnicas, etc., que ayuden a tener un abanico de alternativas para los miembros del equipo del proyecto.

Perfil del cliente final.

Este perfil del cliente se elabora con la información de las necesidades y valores del cliente final, con ayuda del representante de ventas o a través de estudios de mercado. Esto servirá para desarrollar mejor los criterios y conceptos de diseño para el proyecto.

Una forma de elaborar este perfil es por ejemplo utilizar el estudio sobre la oferta y la demanda de los proyectos de edificación en Lima que la Cámara peruana de la construcción (CAPECO) realiza anualmente.

3.2.3 PREPARACIÓN PARA LAS REUNIONES FINALES DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO Y REALIZACIÓN DE ESTAS.

Para llevar unas reuniones de definición de un proyecto efectivas es necesario prepararla a través de un **plan de trabajo**

Este plan de trabajo debe ser diseñado por el Coordinador del proyecto en conjunto con el resto del equipo desde las primeras reuniones preliminares de manera de planificar la fase de Definición del proyecto a lo largo del tiempo sobre todo marcando los hitos más importantes para esta fase, fijar los plazos correspondientes, trazar los objetivos del proyecto, etc. Finalmente si es necesario se debe hacer un presupuesto preliminar del proyecto.

Las reuniones de definición de un proyecto, tienen como objetivo fundamental desarrollar los criterios y definir los conceptos de diseño para el proyecto de edificación intercambiando ideas sobre las mismas antes de tomar decisiones.

Las reuniones deben ser dirigidas por el Coordinador del equipo, el cual no debe descuidar estos 3 puntos:

- Informar.
- Debatir.
- Llegar a acuerdos.

En estas reuniones todos los conceptos y criterios de diseño de los diferentes miembros del equipo son presentados y puestos finalmente en consenso, en términos del Lean Construction, son “alineados” para dar paso al Diseño “lean”. La forma cómo se llegan a los acuerdos en una reunión se presentará en el siguiente capítulo y lo que se trata de hacer es seguir una estrategia basada en múltiples alternativas (set based design) y no elegir la primera alternativa de solución.

En toda reunión es importante llevar un orden y un control, para ello se propone:

Agenda de reunión

Se ha diseñado una Agenda de Reunión de tal forma que los temas y las ideas no se presenten de manera desordenada sino que exista una secuencia en la reunión y permita concretar algunos puntos sin mezclarlos, esto no impide que no se regrese a temas ya tratados, pues como sabemos esta fase tiene un carácter iterativo. (ver anexo)

Control de las reuniones.

Además de tener una agenda de la reunión es necesario llevar un control de las reuniones que se van realizando con el fin de controlar el avance de las mismas y el cumplimiento de los compromisos establecidos en reuniones anteriores. Para ello se ha diseñado un formato que servirá para este propósito, donde dependiendo de la magnitud de la reunión podría inclusive haber una persona encargada de tomar notas sobre la misma, o en todo caso, el mismo coordinador podría desempeñar esta labor. (Ver anexo)

3.3 ALGUNAS HERRAMIENTAS PARA LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO.

Después de haber observado los distintos módulos y procesos de la fase de Definición del proyecto, presentamos una herramienta que ayuda al mejor desarrollo de esta fase.

3.3.1 DESPLIGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD).⁷

Historia del QFD:

La **matriz de calidad** es la primera, la más usada y tal vez la más importante de una familia de matrices conocidas en un conjunto como Quality Function Deployment (despliegue de la función de calidad). Este nombre ha dado lugar a diversas interpretaciones: Thomas F. Wallace (1992) considera que Quality Function Deployment es una mala traducción del japonés, y que el nombre correcto de la herramienta debió ser “**desarrollo de las características de los productos**”

El QFD se desarrollo en Japón hacia el final de la década de 1960. Unos diez años desde, el concepto del QFD se consolidó y fue adoptado por grupos industriales como Toyota; por ser una herramienta de aplicación general, pronto se vio su utilidad en empresas de electrónica, artefactos para el hogar, caucho sintético y el sector de los servicios; se expandió a los EE.UU., donde fue incorporado por Digital Equipment Corporation, Ford Motor Company, Hewlett-Packard y otras empresas.

Concepto:

El QFD se enfoca en la mejora continua buscando que los clientes se involucren en el proceso de desarrollo del producto lo antes posible.

El QFD es una práctica para diseñar tus procesos en respuesta a las necesidades de los clientes. QFD traduce lo que el cliente quiere en lo que la organización produce. Le permite a una organización priorizar las necesidades de los clientes, encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, y mejorar procesos hasta una efectividad máxima.

El núcleo del QFD es un mapa conceptual que relaciona los requerimientos de los clientes (que abreviamos RC) con las características técnicas (CT) necesarias para satisfacerlos.

⁷ Universidad del CEMA. Argentina, 2004

Los RC definen la calidad de un producto y son las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociada con cada CT existe una métrica (medida), que se usa para determinar el grado de satisfacción de los clientes con cada uno de sus requerimientos. Esta medida es fundamental para la mejora continua.

La matriz de la calidad contiene otros elementos importantes:

- Una columna con la prioridad que los clientes asignan a cada RC.
- Una columna que compara, para cada RC, a los productos de “nuestra empresa” con los de la competencia, según la evaluación del cliente.
- Una fila que pondera numéricamente la importancia de cada CT con respecto a las demás.
- Una evaluación técnica comparativa de las CT de “nuestro producto” con las CT de uno o varios productos de la competencia.
- Un valor objetivo fijado para cada CT.
- Un panel triangular que indica la correlación existente entre las distintas CT.

Beneficios de la Matriz de calidad:

- Herramienta efectiva del marketing.
- Ventajas competitivas y fomento de la innovación
- Mejor comunicación interfuncional. Para los ingenieros, la matriz resume información que de otra forma permanecería fragmentaria.
- Determinación de las prioridades de mejora continua.
- Análisis costos y beneficios.

Ejemplo de aplicación: “Diseño de un envase farmacéutico”.

Se trata de la matriz de la calidad del envase de un producto farmacéutico (**figura 3.4**). El diseño de envases (*packaging*) es una tarea interdisciplinaria en el cual el uso de métodos sistemáticos no está muy desarrollado. En este campo es necesario satisfacer exigencias contradictorias de distintas áreas funcionales de la empresa y de

los clientes externos, todos los cuales se benefician con canales adecuados para transmitir sus deseos y necesidades.

Esta matriz contiene las siguientes partes:

- Los RC se indican en sentido horizontal (I) y están jerarquizados en tres columnas (nivel 1, nivel 2 y nivel 3).
- La prioridad asignada a cada RC se escribe en una columna situada a la derecha de los RC (II). Esta prioridad se obtuvo por consenso entre el personal técnico del laboratorio y un grupo de pacientes.
- Las CT se muestran en la porción mayor en sentido vertical (III). Cuando las CT tienen una estructura compleja pueden jerarquizarse en distintos niveles.
- El valor objetivo que se quiere lograr para cada un de las CT se indica en una fila (IV) debajo de los RC, con sus correspondientes unidades.
- La evaluación técnica de dos envases (el propio y el de un competidor) se traza inmediatamente debajo del valor objetivo (V).
- El grado de correlación entre las CT y los RC conforma el panel rectangular de la figura (VI), que aclara el grado de interacción entre ambos tipos de variables.
- La ponderación numérica de las CT constituye la última fila de la matriz de la calidad (VII).
- La evolución de cada RC del envase propio realizada por los clientes se muestra en la columna del extremo derecho (VIII), al igual que la de un envase de la competencia.
- Finalmente, el panel triangular de la parte superior de la figura (IX) indica la correlación entre las CT.

(II) (III) (IX) (VIII)


MATRIZ DE LA CALIDAD			Prioridad	Grado de estanqueidad del blister	N° de veces que aparecen comprimidos foráneos	N° de lotes contaminados microbiológicamente	Grado de legibilidad fecha de vencimiento/lote	N° de veces que aparecen blisters en estuche equivocado	Evaluación por el cliente	
									B	A
(I) Nivel 1			(I) Nivel 2	(I) Nivel 3	(VI)	(-)		(++)		
						(-)	(+)			
Consistencia con lo declarado en los entes de salud pública y con el bienestar de la población.	Específico de la enfermedad para la cual dice tener acción terapéutica.	Presenta solo los contenidos declarados	5	α						
		El granel se encuentra empacado en el packaging correcto	5				α			
Las características organolépticas de la especialidad medicinal reafirman su eficacia terapéutica	Integridad de las características apreciables del medicamento.	Aspecto Higiénico	3		μ					
		Sin deterioro alguno	2	β	μ	μ				
	Las características visibles del envase confirman los atributos del medicamento	Fecha de vencimiento/lote legible	4			α				
		Asegura inviolabilidad	3	μ						
Valor objetivo de las características técnicas y sus unidades (IV)			100%	0 vez	0 lote	50 cm	0 vez			
Evaluación técnica de los competidores (V)			A	100%	0	0	45 cm	0		
			B	99%	1	1	49 cm	1		
Ponderación total de cada característica técnica (VII)			9	45	5	38	45			

Figura 3.4 Matriz de calidad para un envase farmacéutico.

Con mayor detalle cada componente:

Los RC (I). El nivel 1 presenta el mayor nivel de abstracción de los requerimientos de los clientes. Sus dos componentes indican en conjunto que el medicamento y su envase guardan consistencia con lo declarado a los entes de salud pública y con el bienestar de la gente y que, además, el envase preserva las características organolépticas del producto, para asegurar su eficacia. De modo análogo, el nivel 2 detalla el significado de las proposiciones del nivel 1. En el nivel 3, se refleja literalmente lo que el paciente manifiesta, es decir, la voz del cliente: por ejemplo el componente del nivel 2 “Las características visibles del envase confirman atributos del medicamento” equivale en el nivel 3 a “Fecha de vencimiento y lote legible” y a “(El envase) asegura inviolabilidad”. Es importante mantener la voz del cliente en su estado original.

Esta estructura de 3 niveles proviene del diagrama de afinidad. El cual fue construido agrupando por su parecido las voces de los clientes. El equipo técnico seleccionó, dentro de las voces de los clientes, aquellas más relevantes, las resumió y les dio títulos integradores, estableciendo así una jerarquía de 3 niveles.

La prioridad del RC (II). No todos los RC son igualmente importantes a los ojos de los clientes. Por otra parte, por razones técnicas, económicas o de otro tipo, no todas las prioridades podrían satisfacerse. Para ello el equipo de diseño puede utilizar encuestas y medios de investigación que no sólo atienden a las prioridades que manifiestan verbalmente los clientes sino también las que derivan de la observación de su comportamiento. Para este ejemplo, los técnicos y clientes utilizaron un “ranking” del 1 al 5, donde el 5 indica la mayor prioridad y el 1 la menor.

Las CT (III). Las características técnicas o características de ingeniería, también pueden constituir un árbol jerárquico, aunque en el ejemplo se exhiba solo un nivel, también puede utilizarse un diagrama de afinidad. Las CT pueden afectar a un solo RC o varios. Debe verificarse que para cada CT exista siempre por lo menos un cruce con un RC, pues de lo contrario no habría razón para incluir la CT, análogamente también para cada RC.

El valor objetivo (IV). Cada CT debe ser medida con las unidades adecuadas y comparada con un valor objetivo al cual tiendan los esfuerzos de la organización. Los expertos recomiendan apuntar a valores específicos que satisfagan o superen las expectativas de los clientes, antes que indicar gamas de tolerancia, pues los técnicos buscarían quizá el extremo menos costoso, y no necesariamente el valor que mejor satisfaga a un cliente promedio.

La evaluación técnica (V). Es importante comparar cuantitativamente las CT de los productos alternativos del mercado. También suelen hacerse gráficos y escalas numéricas, que facilitan la interpretación de los datos.

El grado de correlación entre las CT y los RC (VI). La cuadrícula formada por las intersecciones entre los RC y los CT indican la correlación entre los requerimientos de los clientes (el “qué”) y las características técnicas capaces de

satisfacerlas (el “cómo”). Es usual utilizar símbolos. Para establecer una correlación se trabaja sobre el consenso de los equipos técnicos y sobre datos estadísticos derivados de encuestas o diseños experimentales.

Grado de correlación entre RC y CT	Símbolo utilizado	Valor numérico asignado
Muy correlacionados	α	9
Correlacionados	β	3
Poco correlacionados	μ	1
Sin correlación	Blanco	0

Tabla 3.2 Símbolos utilizados en la matriz de la calidad

La ponderación total de las CT (VII). Se realiza una ponderación de los CT para tener una idea más completa de la contribución relativa de cada CT para satisfacer los distintos RC.

El valor de la ponderación total de una CT se calcula multiplicando la prioridad dada por lo clientes a cada RC por la ponderación (obtenida en la tabla 1) correspondiente a cada uno de los símbolos de la columna de la CT de interés y sumando el resultado de todas las multiplicaciones realizadas sobre esa columna. Por ejemplo, la ponderación de la CT “Grado de legibilidad, fecha de vencimiento y lote” es el resultado del cálculo:

$$2 \times 1 + 4 \times 9 = 38$$

Esta información oriente de inmediato a los técnicos hacia las CT que deben ser consideradas con prioridad y sugiere la necesidad de dirigir las actividades de diseño o desarrollo tecnológico en un sentido compatible con la alta ponderación.

La evaluación de los RC (VIII). La columna del extremo derecho compara la evaluación que los clientes hacen de cada RC de “nuestro producto” con los RC de los productos de la competencia. En el ejemplo se utiliza una escala simbólica de cuatro puntos que abarca la gama desde (--) hasta el (++), esto permitirá a la compañía competir mejor.

La evaluación correcta tiene varios subproductos: en primer lugar, la detección de oportunidades de mejora; si de cotejar nuestro producto con los de los competidores surgen deficiencias en nuestra oferta, es posible investigar el origen de la percepción del cliente y corregir las carencias de nuestro producto; en segundo lugar, si sobre la base de la identificación de potenciales segmentos de mercado, se detectan diferencias en la evaluación de los clientes, es posible *customizar* la oferta para atender a los diversos segmentos.

Correlación entre las CT (IX). Finalmente, el panel triangular de la parte superior de la figura indica la correlación entre las CT. En el diseño de nuevos productos, es importante conocer el efecto que un incremento o mejora en una CT tiene sobre los demás; ignorar estas interacciones podría llevar a que, en aras de lograr una mejora en una CT se alteraran negativamente otras CT importantes. Esta información es crítica, y es fundamentalmente para la aplicación del ingenio técnico, capaz de satisfacer objetivos en conflicto. Esta es la finalidad del panel triangular; el signo más significa una correlación positiva (ambas CT se mueven en el mismo sentido) mientras que el signo menos indica una correlación negativa (las CT se mueven en sentido contrario). Por ejemplo hay una correlación negativa entre el grado de estanqueidad (hermeticidad) y la legibilidad. Un exceso de presión puede degradar la legibilidad de la fecha de vencimiento y el lote, al mellarse los cuños de codificado.

3.3.2 CATÁLOGO DE RECURSOS PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN (CROC).

La empresa MOTIVA S.A., ha desarrollado un catálogo de recursos para obras de construcción “CROC” que cumple la función de agilizar y mejorar la eficiencia de la Definición del proyecto, a través de la Internet, medio por el cual el equipo de diseño puede revisar los productos presentes en el mercado así como sus principales características y con la opción de imprimir un acta de conformidad de acuerdos por cada reunión que se lleve a cabo.

Como ejemplo supongamos una posible situación que ocurre cuando se define un proyecto, los miembros del equipo buscan seleccionar cuál es la mejor opción que se acomode a los requerimientos del proyecto acerca de la tabiquería para el edificio

aportado que desean construir. Entonces, con la ayuda del CROC pueden ir buscando dentro de los distintos productos que se encuentran actualmente en el mercado y que están ordenados en este catálogo, así podemos observar el Econoblock 8x35, con su foto y debajo de ella un recuadro con algunas características técnicas de este producto, como peso, medidas y unidades por m². **Figura 3.5**

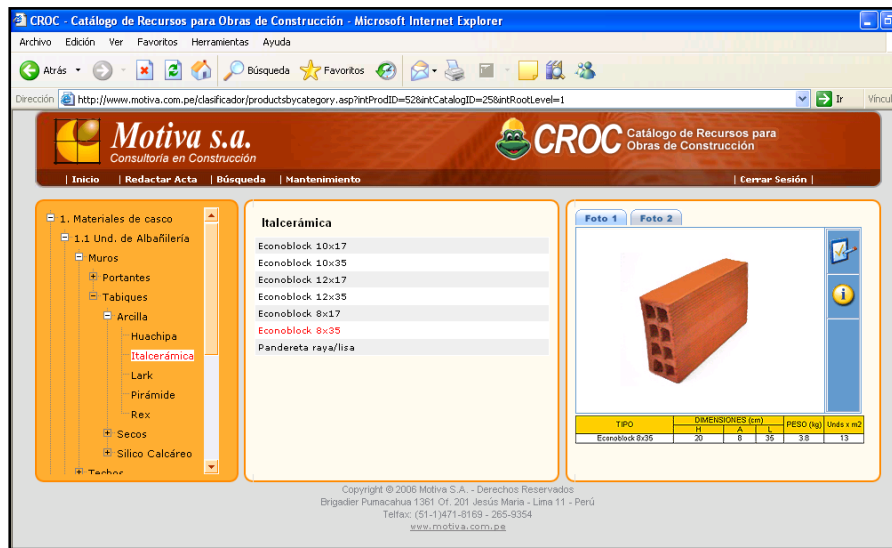


Figura 3.5 Econoblock 8x35 cm

Adicionalmente se pueden encontrar fotos de cómo queda el producto colocado en obra. **Figura 3.6.**

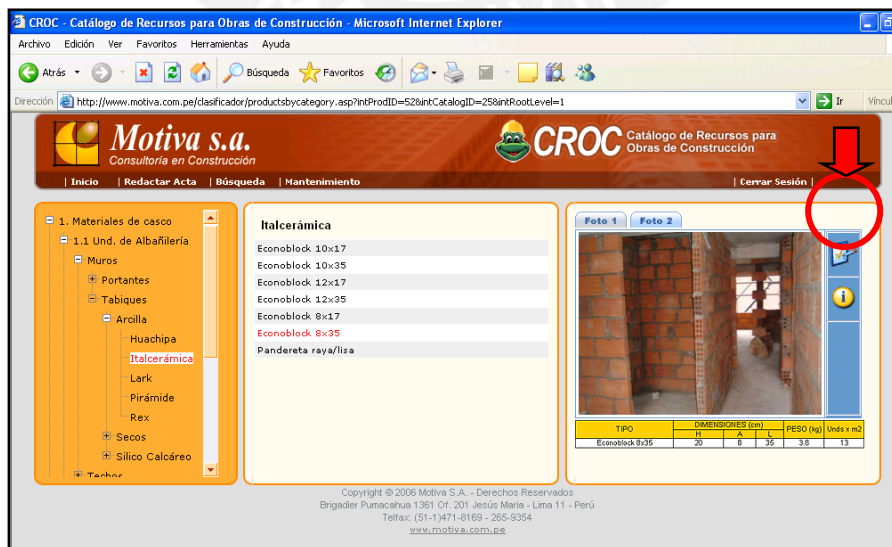
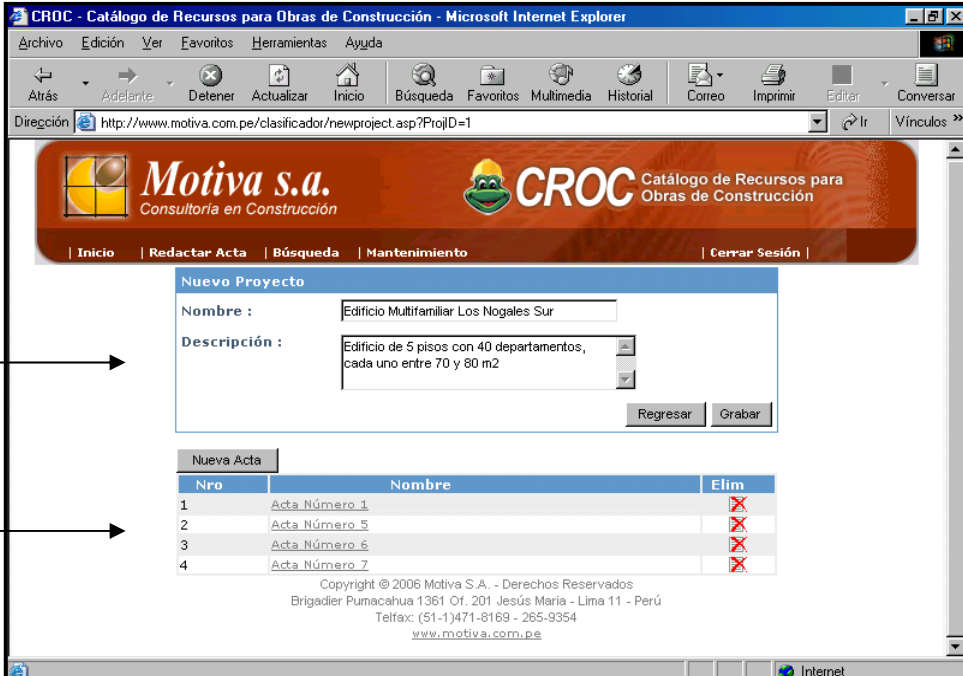


Figura 3.6 Econoblock 8x35 cm colocado en obra

Y presionando el botón de selección (que se presenta encerrado en un círculo) se puede adherir el producto al Acta de coordinación donde se consignan las características del proyecto y los participantes de cada reunión, tal como se aprecia en la **figura 3.7**, para un proyecto creado como ejemplo, “Edificio Multifamiliar Los Nogales Sur”, donde se escribe el nombre del proyecto, una breve descripción del mismo y luego se crea el acta que se van acumulando de acuerdo como se van dando las reuniones de coordinación.



The screenshot shows a web browser window titled "CROC - Catálogo de Recursos para Obras de Construcción - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL: <http://www.motiva.com.pe/clasificador/newproject.asp?ProjID=1>. The page header includes the Motiva S.A. logo and the CROC logo with the text "Catálogo de Recursos para Obras de Construcción". Navigation links include "Inicio", "Redactar Acta", "Búsqueda", "Mantenimiento", and "Cerrar Sesión".

The main content area is titled "Nuevo Proyecto" and contains a form with the following fields:

- Nombre :** Edificio Multifamiliar Los Nogales Sur
- Descripción :** Edificio de 5 pisos con 40 departamentos, cada uno entre 70 y 80 m2

Buttons for "Regresar" and "Grabar" are located at the bottom right of the form.

Below the form is a section titled "Nueva Acta" containing a table with the following data:

Nro	Nombre	Elim
1	Acta Número 1	<input type="checkbox"/>
2	Acta Número 5	<input type="checkbox"/>
3	Acta Número 6	<input type="checkbox"/>
4	Acta Número 7	<input type="checkbox"/>

At the bottom of the page, there is a copyright notice: "Copyright © 2006 Motiva S.A. - Derechos Reservados. Brigadier Pumacahua 1361 Of. 201 Jesús María - Lima 11 - Perú. Telfax: (51-1)471-8169 - 265-9354. www.motiva.com.pe".

Figura 3.7 Como se crea el acta de coordinación

BIBLIOGRAFÍA

- KOTLER, Philip y Gary ARMSTRONG. *Fundamentos de Marketing*. 6ª ed. México D.F. Pearson Educación de México. 2003. 589p.
- URLICH, Karl y Steven EPPINGER. *Product design and development*. 2000.
- BALLARD, Glenn y Tood ZABELLE. *Project Definition – White Paper n° 9*. Lean Construction Institute. 2000.
- GAUTIER, Bénédicte y Marie - Odile VERVISCH. *Coaching Directivo, para el desarrollo profesional de personas y equipos*. 1997.
- STONER, Freeman y Gilbert. *Administración*. 1999.
- Diccionario ilustrado SOPENA de la lengua española. Editorial SOPENA. 1995
- UNIVERSIDAD DEL CEMA-ARGENTINA. *QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos*. 2004
- <http://www.profesionales.cl>
- <http://www.motiva.com.pe>.



CAPÍTULO 4

DISEÑO “LEAN”

LEAN DESIGN

4.1. DIFERENCIAS ENTRE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Varios estudios han concluido que un gran porcentaje de los defectos en las construcciones se deben a las decisiones o acciones en la etapa de diseño. (Cornick, 1991). El relativo bajo costo de los procesos de diseño comparado con los costos de producción “disfraza” su verdadera importancia dentro de los proyectos de construcción. (Austin et al. 1994).

Para la Gerencia de proyectos “lean”, la producción es un proceso integrado de diseño y construcción, y ambos conceptos son complementarios. A continuación algunas diferencias:¹

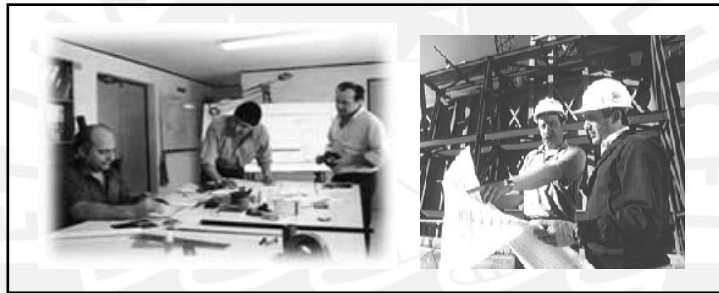


Figura 4.1 Diseño y construcción.

- Diseñar es elaborar la receta y construir es preparar la comida. Esta es también la antigua distinción entre planificar y hacer.
- La variabilidad de resultados es indeseable en construcción. Sin embargo, en el diseño no sucede lo mismo, pues si los productos de diseño han sido totalmente predecibles (sin variabilidad), esto quiere decir que el proceso de diseño no estaría agregando valor.
- Las repeticiones en construcción son re-trabajos, claramente un tipo de pérdida a ser evitado. Por el contrario, en el diseño se requiere a menudo la producción de ‘outputs’ incompletos o provisionales (que conllevará a repetir procesos) para solo así resolver los problemas de diseño y dar alternativas de solución.

¹ Ballard y Zabelle, 2000.

El diseñar puede ser relacionado también con una buena conversación, de donde todos salen con una visión diferente y un mejor entendimiento de las ideas que se tenían al inicio. Ahora bien, cómo promover esta conversación (repetición), cómo diferenciar entre repetición positiva (que genera valor) y negativa (que es pérdida), y cómo minimizar las repeticiones negativas. Todas estas son algunas de las habilidades necesarias en la gerencia de diseño.

4.2 MÓDULOS DEL DISEÑO “LEAN”.

Luego de la Definición del proyecto, el Diseño “lean” es el segundo paso para continuar con el desarrollo de un proyecto. El LPDS propone 3 módulos para esta fase y lo representa a través de la siguiente figura:

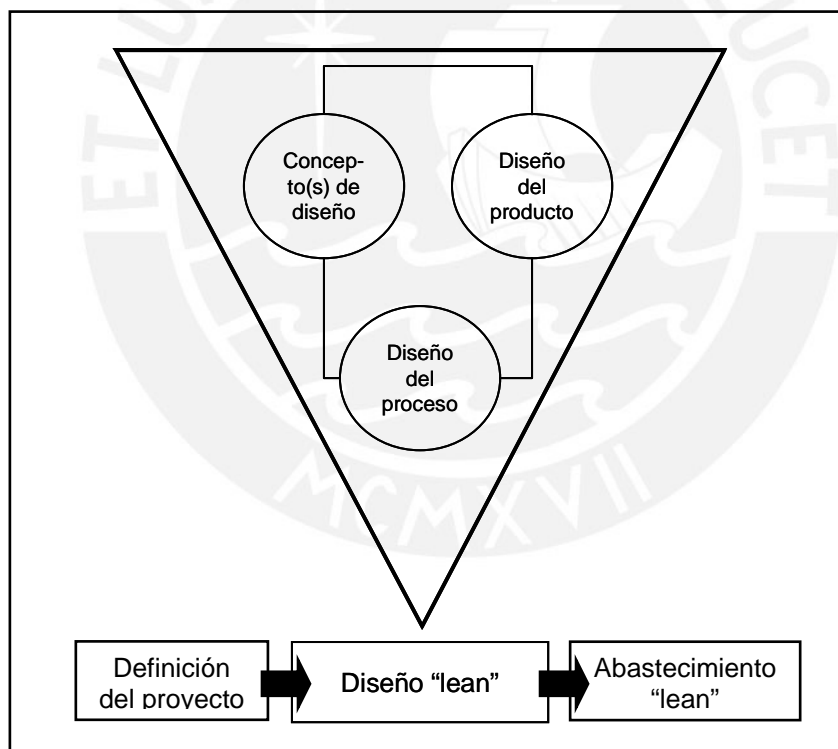


Figura 4.2 Módulos del Diseño “lean”. (Ballard y Zabelle, 2000)

Al igual que en la fase anterior de la Definición del proyecto, los módulos de esta fase no tienen una secuencia definida pero se sabe que los conceptos de diseño son el punto de partida y que sirven para el diseño del proceso y del producto, y que

una vez alineados todos los módulos se pasa a la fase del Abastecimiento “lean” teniendo como nexos el diseño del producto.

4.2.1 CONCEPTO(S) DE DISEÑO.

Este módulo fue descrito en el capítulo anterior y es el nexo con esta fase de diseño, pues una vez definido el concepto se procede al diseño iterativo entre proceso y producto, existiendo la posibilidad de regresar a la fase de la Definición del proyecto solo si el tiempo lo permite y si se agrega valor al producto final.

4.2.2 DISEÑO DEL PROCESO Y DISEÑO DEL PRODUCTO.

Con el concepto de diseño se puede empezar a diseñar el proceso y el producto del proyecto de edificación de manera simultánea tal como lo propone el LPDS. Sin embargo ¿qué es diseñar un proceso?, ¿qué es diseñar un producto?

Diseñar el proceso, es definir la secuencia de pasos y los medios concretos para llevar a cabo las diferentes actividades del proyecto como por ejemplo desde hacer un diagrama de flujo de los trámites para conseguir una licencia municipal hasta hacer un bosquejo preliminar de la secuencia constructiva de los frentes de trabajo.

Diseñar el producto, es estructurar las partes, componentes o actividades que dan un valor específico a un producto, es un pre-requisito para la producción. Y en un proyecto de edificación significa el diseño de los planos de las distintas especialidades, debidamente compatibilizados.

Para ello es necesario conocer, por ejemplo, las necesidades del cliente tales como tipo de arquitectura del edificio, tipo de material a utilizar, etc.; conocer los requerimientos municipales, tomar en cuenta las experiencias de otras obras, las opiniones de los constructores y de los especialistas.

También podemos definir el diseño del proceso y del producto con el cómo? y el qué? se está diseñando. Ambas definiciones suenan muy lógicas y necesarias al momento de realizar un proyecto de edificación pero la clave para lograr un diseño

“lean” es el de combinar ambas acciones de manera simultánea, de lo cual haremos referencia más adelante.

4.3 PROCESOS DE UN DISEÑO “LEAN”

El LPDS presenta los siguientes procesos para el Diseño “lean”.

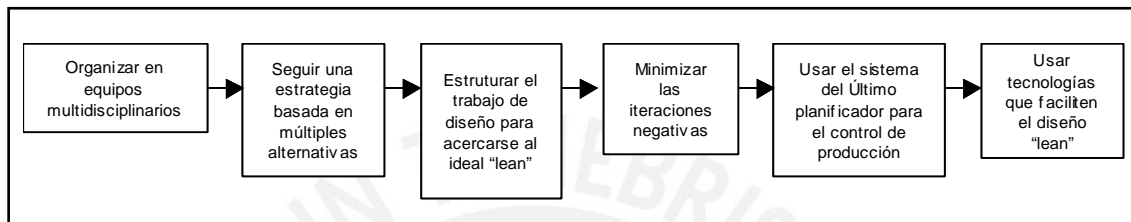


Figura 4.3 Procesos del Diseño “lean”. (Ballard y Zabelle, 2000)

4.3.1 ORGANIZARSE EN EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS.

En el capítulo anterior se trató acerca de los equipos “multidisciplinarios” y como estos son favorables para el mejor desarrollo del proyecto. Para esta fase de diseño el(los) equipo(s) multidisciplinario(s) son los encargados, a través de su trabajo, de diseñar de manera simultánea el proceso y el producto, para ello el trabajo en equipo es lo fundamental, debe existir una buena coordinación y comunicación entre todos sus miembros, para ello se necesita un coordinador, que es la persona responsable de llevar al equipo hacia los objetivos de esta fase.

El LPDS recomienda que se deba alternar el trabajo de diseño entre reuniones generales con todo el equipo para acuerdos importantes y reuniones en equipos pequeños para tareas específicas.

Como se ha observado en el diagnóstico realizado acerca de la fase de diseño de los diferentes proyectos que actualmente se realizan, una gran mayoría presenta una ausencia de trabajo en equipo y existe una gran descoordinación entre los diferentes especialistas formándose grupos de trabajos más no equipos.

Para complementar todo lo explicado en el capítulo anterior acerca de la conformación de un equipo multidisciplinario y sobre lo mencionado en el párrafo anterior, presentamos algunas diferencias existentes entre grupo y equipo:

Diferencias entre grupo y equipo.

Grupo de trabajo es un conjunto de personas que realizan dentro de una organización una labor similar. Estas personas tienen un mismo jefe, realizan un mismo tipo de trabajo pero **son autónomos**, es decir, no dependen del trabajo de sus compañeros.

Por ejemplo, en un hospital los anestesiólogos forman un grupo de trabajo: realizan la misma actividad, tienen un jefe en común (el jefe de sección), pero cada uno responde de su trabajo (la labor de un anestesiólogo no depende de la de sus compañeros). Puede que un anestesiólogo realice una labor fantástica mientras que el departamento en su conjunto sea un auténtico desastre.²

Las diferencias entre equipo de trabajo y grupo de trabajo son importantes:

- El equipo responde en su conjunto por el trabajo realizado mientras que en el grupo de trabajo cada persona responde individualmente. En el grupo de trabajo sus miembros tienen formación similar y realizan el mismo tipo de trabajo (no son complementarios).
- En el equipo de trabajo cada miembro domina una faceta determinada y realiza una parte concreta del proyecto (sí son complementarios). En el grupo de trabajo cada persona puede tener una manera particular de funcionar, mientras que en el equipo es necesaria la coordinación, lo que va a exigir establecer unos estándares comunes de actuación (rapidez de respuesta, eficacia, precisión, dedicación, etc.).
- En el equipo de trabajo es fundamental la cohesión, hay una estrecha colaboración entre sus miembros. Esto no tiene por qué ocurrir en el grupo de trabajo.

² www.aulafacil.com.

- El grupo de trabajo se estructura por niveles jerárquicos. En el equipo de trabajo en cambio las jerarquías se diluyen: hay un jefe de equipo con una serie de colaboradores, elegidos en función de sus conocimientos, que funcionan dentro del equipo en pie de igualdad aunque sus categorías laborales puedan ser muy diferentes.

Por ejemplo, una entidad financiera española constituyó un equipo de trabajo para analizar una oportunidad de inversión en el extranjero. Formaban parte de este equipo desde subdirectores generales hasta empleados de reciente incorporación, especialistas en determinadas materias. Dentro del equipo todos funcionaban al mismo nivel, no había distinciones jerárquicas.

El rol de los constructores en el equipo de diseño.

Uno de los propósitos del diseño “lean” es que este diseño se realice tomando en cuenta las consideraciones constructivas, es decir que no exista un divorcio entre diseño y construcción, para ello es imprescindible que las personas que más saben de estos temas estén presentes durante el diseño, es decir, el coordinador del proyecto debe involucrar a los constructores desde esta fase para que aporten su experiencia para lograr un buen diseño del proceso mientras se diseña el producto.

Al hablar de constructores nos referimos a los Ing. Residentes y los Maestros de obra, cada uno con sus conocimientos pueden aportar significativamente al mejor desarrollo del diseño. Es por tanto, responsabilidad del coordinador del proyecto involucrar a los constructores en las decisiones de diseño, así como involucrar a otras especialidades que sean convenientes en el diseño tal que se puedan evitar problemas durante la ejecución del proyecto, por ejemplo a algunos proveedores. A todo esto el “lean” lo denomina: “Involucrar a los de aguas abajo en las decisiones de aguas arriba” (*Involve downstream players in upstream decisions*).

4.3.2 SEGUIR UNA ESTRATEGIA BASADA EN MÚLTIPLES ALTERNATIVAS

Hoy en día en las empresas cumplir los plazos establecidos se ha convertido en un factor muy importante si se quiere ser competitivo, se buscan soluciones rápidas y creativas, en el campo de la construcción existen penalidades por retraso, presiones por parte de los propietarios o inversionistas, y premura por empezar cuanto antes la ejecución de las obras. A continuación algunos comentarios típicos que expresan el pensamiento actual:

- ¿Por qué voy a perder el tiempo en diseños que nunca voy a usar?
- No tenemos tiempo para elaborar múltiples alternativas.
- ¿Para qué esperar para decidir, si la mejor alternativa ya ha sido identificada?

Ante este contexto, actualmente una estrategia que consiste en tomarse un tiempo para estudiar varias alternativas de solución parece ilógica, sin embargo no lo es tanto así. Por ejemplo TOYOTA practica esta estrategia para el desarrollo de sus productos, a decir del Gerente de desarrollo del producto de esta empresa, afirma que el evitar que los ingenieros tomen decisiones prematuras de diseño se ha convertido en gran parte de su trabajo.

Desarrollo de un producto Toyota:

- Desarrollan múltiples alternativas de diseño.
- Producen 5 o más veces el número de prototipos físicos que sus competidores.
- Procuran no hacer cambios que aumenten el espacio de diseños posibles, buscan la variedad pero dentro de límites.
- Colocan nuevos productos en el mercado más rápido que sus competidores.

En todos los procesos de diseño las alternativas son generadas evaluadas y seleccionadas. Es una práctica muy común seleccionar la mejor alternativa tan rápido como sea posible, luego pasar al siguiente nivel de diseño o decisión y repetir el proceso. ¿Por qué esto se ha vuelto una práctica común? ³

Diseño basado en una alternativa

³ Ballard y Zabelle, 2000.

Hoy en día la inmediatez y el no atreverse al cambio han provocado en nuestro país que se siga utilizando, sobre todo en las zonas de escasos recursos, los mismos materiales de construcción de hace 50 años. El crecimiento del sector construcción por el programa Mi Vivienda ha hecho que muchos ingenieros y arquitectos apuesten por otros sistemas constructivos y nuevas técnicas, sin embargo, todavía se mantiene la costumbre en la población por usar el ladrillo de soga y techo aligerado vaciado por completo en un solo día.

Existe actualmente esa tendencia de apostar por lo de siempre, por lo acostumbrado, recortando el espacio a la innovación en la construcción, son pocas las empresas que apuestan por ello, y por tal razón son pocas las que a la hora de realizar sus diseños analizan varias alternativas de construcción, variantes dentro del mismo sistema constructivo o de técnicas de cómo reducir costo o tiempo. Por consiguiente, en muchas empresas la estrategia de diseño se basa en una sola alternativa, pues los ingenieros utilizan su experiencia y continúan con los mismos sistemas e ideas de hace varios años.

Por ejemplo, la siguiente figura, refleja como durante la fase de diseño de un edificio multifamiliar, solo está presente la estrategia de seguir una alternativa y no estudiar otras cuando se decide que tipo de techo se construirá.

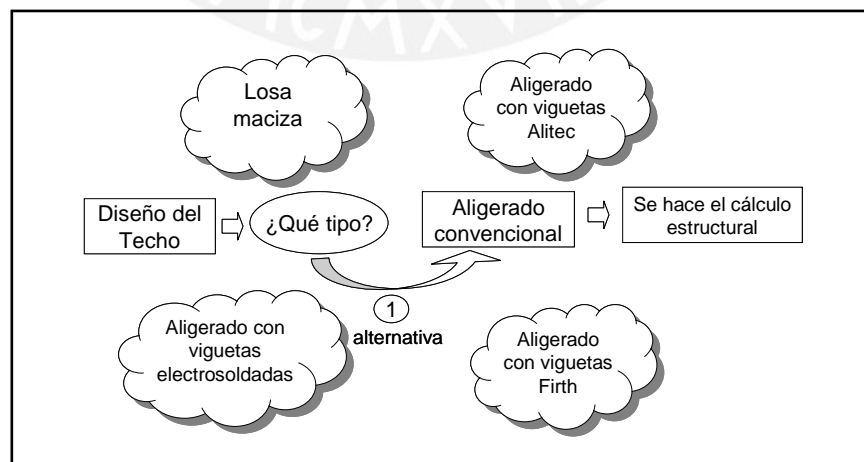


Figura 4.4 Ejemplo de un diseño basado en una sola alternativa.

En este caso los responsables del diseño del edificio creyeron “conveniente” usar un techo del tipo aligerado convencional, guiados por su experiencia y por que “siempre lo hacen así” sin ni siquiera pensar que hay otras opciones como las mostradas en la **figura 4.4**.

El pensar en varias alternativas y estudiarlas toma un tiempo que se compensa por que la opción que escogemos será mejor en tiempo y dinero que la opción acostumbrada.

Diseño basado en múltiples alternativas.

El LPDS nos propone seguir un diseño basado en múltiples alternativas “*set based design*”, esta estrategia es usada por algunas compañías en el área de desarrollo del producto como es el caso de 3M y Toyota. “La verdadera diferencia entre Toyota y otros fabricantes de vehículo no es el Sistema de Producción Toyota, sino el Sistema de Desarrollo del Producto Toyota.”, afirma Kosaku Yamada, Ingeniero principal de la línea Lexus de la Toyota.

Por ejemplo, Toyota y 3M usan el mismo concepto para el diseño de producto. Ellos exploran todo el espacio de solución (todas las alternativas **posibles**) y encuentran intersecciones que cada uno considera aceptable, gradualmente se va añadiendo detalles y convergiendo en una solución. En la mayoría de los casos, el diseño basado en múltiples alternativas produce el mejor diseño en un menor tiempo y con poca comunicación.

Los beneficios de un diseño basado en múltiples alternativas son:

- Transmitir confianza, comunicación eficiente vs. el diseño basado en una alternativa, en el cual cada cambio puede invalidar todas las decisiones previas.
- Perder un poco de tiempo en diseños detallados que no pueden ser construidos.
- Reducir el número y duración de reuniones.

- Basarse en lo más crítico, en las decisiones mas recientes sobre la información.
- Promocionar el aprendizaje institucional.
- Ayudar a postergar decisiones sobre valores variables hasta que lleguen a ser esenciales para finalizar el proyecto.
- Evitar conflictos fingidos y repeticiones innecesarias de negociación.
- El iniciador de un cambio retiene la responsabilidad para mantener consistencia.

Y para seguir una estrategia de este tipo, es necesario tener en claro 3 principios:

- Delimitar las posibles soluciones.
- Encontrar puntos en común.
- Procurar mantener consistencia con los diseños pre-establecidos.

a) Delimitar las posibles soluciones

Significa poner los límites a las alternativas de solución, no soñar con alternativas irrealizables, es decir, alternativas demasiado costosas o riesgosas. La idea es tener diversas alternativas que se estudien detenidamente y que sean posibles. Que lo que “queremos hacer” se convierta en lo que “podemos hacer”.

b) Encontrar puntos en común.

Es llegar a acuerdos, encontrar intervalos de alternativas en común entre los especialistas, y en ese espacio empezar a desarrollar las posibles soluciones.

c) Procurar mantener consistencia con los diseños pre-establecidos.

Si bien desarrollar otras alternativas van a demandar un determinado tiempo, para que dicho tiempo no se extienda innecesariamente es necesario minimizar las iteraciones negativas, lo cual detallaremos más adelante, esto quiere decir que hay que evitar la duplicación de información, los re-trabajos, mejorar la coordinación entre

especialistas para evitar modificaciones en los planos o para que un especialista no cambie u omita el trabajo del otro y de esta manera guardar consistencia en el diseño.

Último momento de responsabilidad.

En los párrafos anteriores ya se ha explicado acerca del último momento de responsabilidad, es decir no tomar decisiones hasta tener varias alternativas estudiadas.

Compartir información parcial.

A pesar de que las obras de construcción son productos que pueden medirse, por ejemplo, en kilómetros o toneladas, la cantidad de información que se manipula durante el tiempo de vida de una obra de construcción es enorme. Esto es particularmente cierto en las etapas iniciales de un proyecto, como el diseño preliminar y el diseño detallado, en donde el trabajo gira entorno solo a información.⁴ En consecuencia, en la construcción, uno de los grande problemas que a derivado durante la fase de diseño, es la falta de una eficiente transmisión de información que provoca una descoordinación entre especialistas lo que provoca un trabajo particionado, elaborado de manera independiente y sin criterios uniformes.

La Tecnología de la información (TI) es un herramienta que permite compartir información de manera más eficiente y es una solución al problema. La TI es un conjunto de otras tecnologías que sirve para crear, recolectar, almacenar, recuperar y comunicar información. El uso de tecnologías de la información en la industria de la construcción brinda una nueva generación de herramientas que son de gran ayuda en la reducción de la complejidad e incertidumbre que imperan en el desarrollo de

⁴ Ghio, 2001.

proyectos de construcción.⁵ Ejemplo de estas TI son el uso de Intranets, la cuál se explicará más adelante, modelos en 3D o 4D, etc.

Todo esto es colabora a que el flujo de información en el diseño sea mejor, y lo que propone el LPDS es que adicionalmente a las herramientas utilizadas, lo importante es que dicha información se comparta, aun sea parcialmente, entre todos los involucrados en el diseño del proyecto, de tal forma de ir afinando el diseño de los planos de cada especialidad (un mejor diseño del producto) y evitar incompatibilidades.

Un caso donde no se compartió información parcial entre especialistas sucedió en un proyecto ubicado en el distrito de Magdalena, donde se debía construir una cisterna de aproximadamente 53m³ de capacidad. El Ing estructural diseño sus planos y seguidamente el Ing Sanitario. Ambos planos especificaban 5mts de profundidad de la cisterna, lo cual dificultó las labores de excavación (**figura 4.6**). Luego de terminadas éstas, se preguntó al Ing Sanitario por que no diseñó con una profundidad menor, a lo que respondió que se había guiado solo de los planos estructurales, que desconocía los problemas que esta medida ocasionaría al momento de excavar y que si se le hubiese preguntado oportunamente, hubiera optado por una medida menor, mientras no sea por debajo de 2.5 mts.⁶

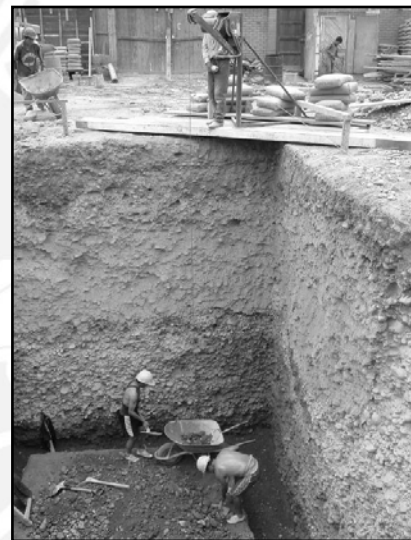


Figura 4.6 Excavación de la cisterna

En este caso no hubo una oportuna coordinación entre Ing. Estructural y Sanitario, lo que hubiera ahorrado tiempo y dinero. No se compartió los avances preliminares entre especialidades, además se obvió la voz del constructor.

Una solución era diseñar una cisterna con menor altura pero que cumpla con el volumen requerido para abastecer al edificio. Pues para un mismo volumen se puede

⁵ Ghio, 2001.

⁶ Orihuela, 2005.

tener una forma diferente con menor altura y mayor área transversal, como se aparece en la **figura 4.7**

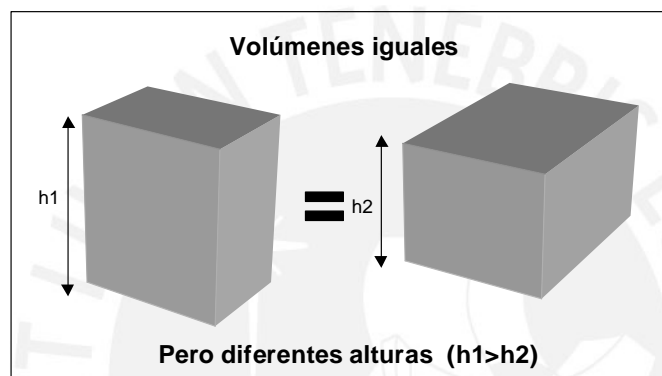


Figura 4.7 Volúmenes iguales y diferentes alturas.

4.3.3 ESTRUCTURAR UN TRABAJO DE DISEÑO QUE SE ACERCA AL IDEAL “LEAN”.

El LPDS, busca estructurar el trabajo siguiendo los ideales “lean”, por ejemplo, entregar lo que el cliente necesita, entregarlo instantáneamente, y entregarlo sin pérdidas. Cómo una estructura debe anticipar sus fases de entrega, por ejemplo: cómo el producto esta siendo puesto en servicio para su operación y uso, cómo las cadenas de abastecimiento que están suministrando estos componentes están siendo configurados, cómo estructurar convenios comerciales con el propósito de que los principales involucrados y expertos puedan estar envueltos en la toma de estas decisiones. Todas estas consideraciones de ‘proceso’ (y más) tienen que ser determinadas en íntima conjunción con el diseño del producto.⁷

Para estructurar el trabajo de diseño son de gran utilidad dos herramientas gráficas conocidas que a continuación explicamos:

⁷ Ballard y Zabelle, 2000.

- Los diagramas de flujo y
- Las tablas input-output.

Diagramas de flujo.

Es la representación gráfica de los pasos en un proceso y sirve para determinar como funciona realmente el proceso para producir un resultado.

Una metodología para crear un diagrama de flujo es:

- Definir el propósito, para el cual será usado el diagrama de flujo, la cual se puede exhibir en la pared y consultarla en cualquier momento.
- Determinar el nivel de detalle requerido.
- Definir los límites, después de establecer los límites del proceso, enumerar los resultados y los clientes en el extremo derecho del diagrama.
- Utilizar símbolos apropiados.
- Hacer preguntas, por ejemplo para cada input: ¿Quién recibe el input?
- Documentar, cada paso en la secuencia y para cada paso hacer preguntas como: ¿Qué produce este paso?
- Completar, continuar con la construcción del diagrama hasta que se conecte todos los resultados (outputs) definidos en el extremo derecho del diagrama.
- Revisión, preguntar por ejemplo: ¿Todos los flujos de información encajan en los inputs y outputs del proceso?
- Determinar oportunidades.⁸

Los símbolos que se utilizan con mayor frecuencia para un diagrama de flujo son:

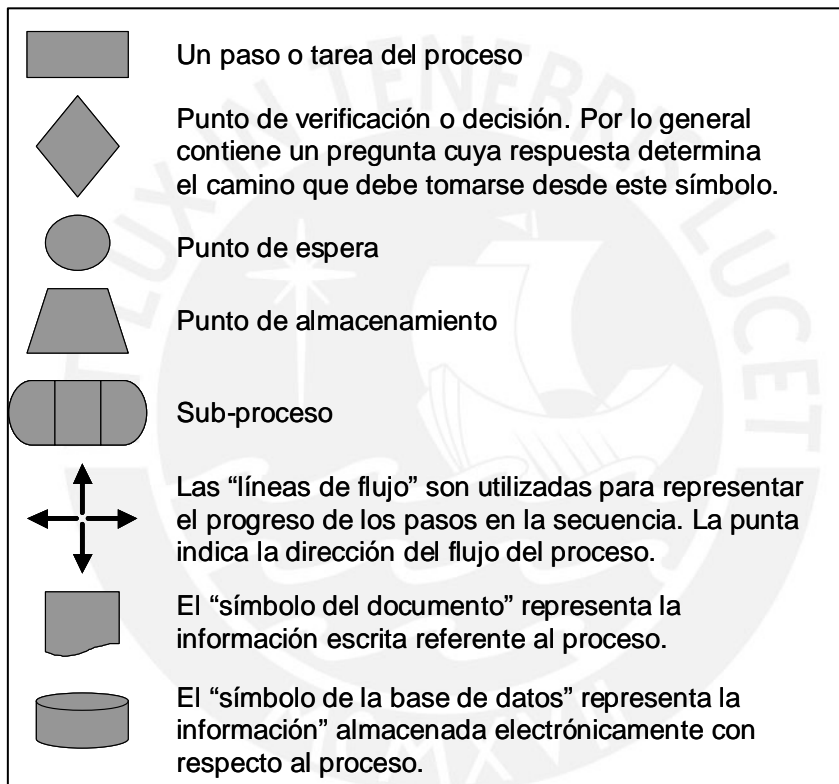


Figura 4.8 Símbolos de un diagrama de flujo

Tablas Recursos – proceso - producto (input-process-output)

Que son tablas que se utilizan para visualizar claramente lo que se necesita para realizar un proceso de diseño y saber lo que resulta de él.

⁸ www.calidad.org.

La **Figura 4.9** es un ejemplo producto de un estudio realizado en Brasil por Tzortzopoulos, P., y Formoso C., para una de las conferencias anuales realizadas por el Lean Construction.

RECURSOS	PROCESO	PRODUCTOS
Informar; Recopilar información del lugar; Retro-alimentación (del edificio entregado antes y de la producción); Definición del equipo de diseño; Selección estratégica de las tecnologías; Comunicado inicial de los estados de rendimientos; Información reguladora y legal;	ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO	Bosquejo de las alternativas de diseño
Bosquejo de las alternativas de diseño; Planificación del costo y calculo estimado del precios de venta	EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO	Elección de la(s) alternativa(s) a ser diseñada(s)

Figura 4.9 Tabla Recurso – Proceso - Producto

En este ejemplo se observa cómo se evalúan y eligen las alternativas de diseño, así de esta forma todos los procesos de diseño se pueden colocar en estas tablas a un mayor o menor nivel de detalle, lo que permitirá saber con certeza que se necesita para cada proceso.

Por otro lado, para estructurar el trabajo de diseño se necesitan:

- Diseño simultáneo del proceso y del producto.
- Dejar el detalle de diseño a los contratistas especializados.
- Reducir el tamaño de los lotes de diseño.

Diseño simultáneo del proceso y del producto.

Actualmente ambos diseños se realizan de manera separada y lo que es peor, el diseño del proceso se realiza muchas veces ya en la obras, es decir el cómo construir se ve recién en el campo. Por lo tanto para realizar un diseño “lean” hay que optar por buscar el cambio y un re-educar a los diseñadores para que estos tomen en cuenta la opinión de los constructores.

La constructabilidad es parte de ese cambio, y a continuación un abreviado descripción de la misma.

La Constructabilidad es según el C.I.I. (Construction Industry Institute) “El uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, en el diseño, en las adquisiciones y en el manejo de las operaciones de construcción”.

Como se aprecia la constructabilidad es aplicable en cualquier etapa del proyecto, sin embargo en las edades mas tempranas del proyecto es cuando se puede aumentar la productividad con este concepto.

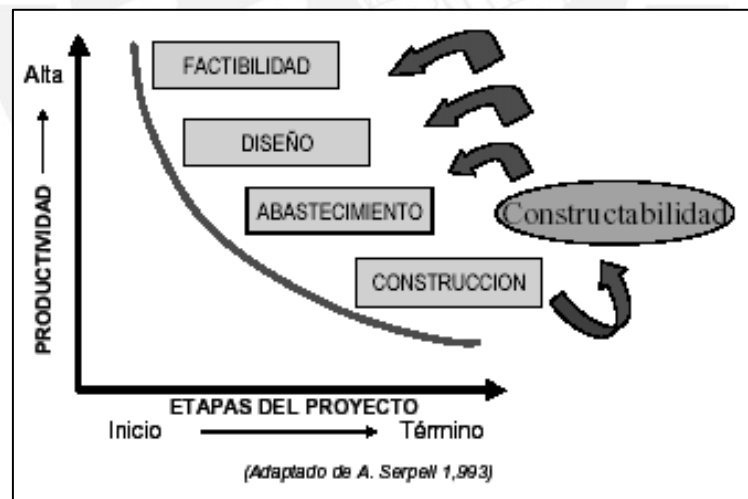


Figura 4.10 Influencia de la constructabilidad en un proyecto.

Este concepto contribuye de manera concreta a llevar a cabo un óptimo diseño simultáneo del proceso y del producto y de esta forma reducir pérdidas durante la obra.

La constructabilidad como ya se mencionó contribuye con los conocimientos de construcción y hace posible que lo que “queremos hacer” se convierta en lo “que podemos hacer”

Para explicar mejor la constructabilidad en el diseño presentamos el siguiente ejemplo:

Se trata de un proyecto para MIVIVIENDA, el edificio a construirse es de 5 pisos y contempla una planta típica de 4 departamentos por piso. El arquitecto al diseñar estos departamentos pensó en la modulación, tal como lo planteaba era perfecta para aplicar una programación rítmica, sin embargo el ingeniero estructural inicialmente no conocía de esta inquietud, quizás porque se pensó que al tener la arquitectura definida no era necesaria ninguna coordinación adicional; si bien el diseño arquitectónico era totalmente modular en áreas y en distribución, el diseño estructural impedía que la construcción se lleve a cabo con las ventajas de esta modulación.

Al analizar la constructabilidad del edificio se pudo observar que para programar la obra con 4 frentes iguales se hubiera requerido que la caja de escalera sea independiente. El cálculo estructural no lo había contemplado así, la estructura de la caja era monolítica con los departamentos.

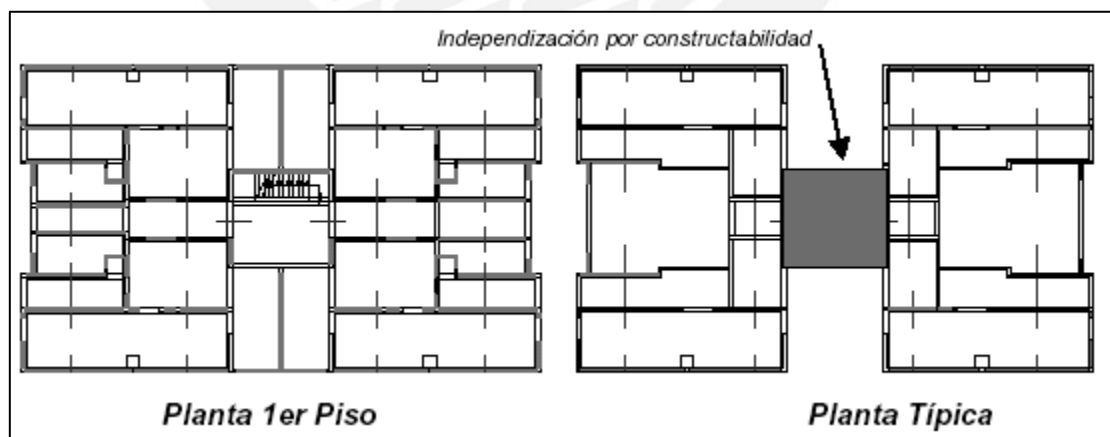


Figura 4.11 Plantas típicas del edificio (Orihuela, 2003)

El conocimiento y el convencimiento de las ventajas de la constructabilidad hicieron que se coordinara con el ingeniero estructural para que rediseñara la

estructura de tal forma de poder construir primero la caja de escaleras y luego efectuar la construcción de los departamentos en 4 frentes idénticos de trabajo. Esto implicó reforzar dicha caja de escaleras con unas pequeñas placas que trabajarían temporalmente mientras esta se encuentre aislada del resto de la estructura, de esta forma la torre de escaleras nos serviría para mejorar tremendamente los flujos de abastecimiento en los trabajos de los pisos superiores.⁹

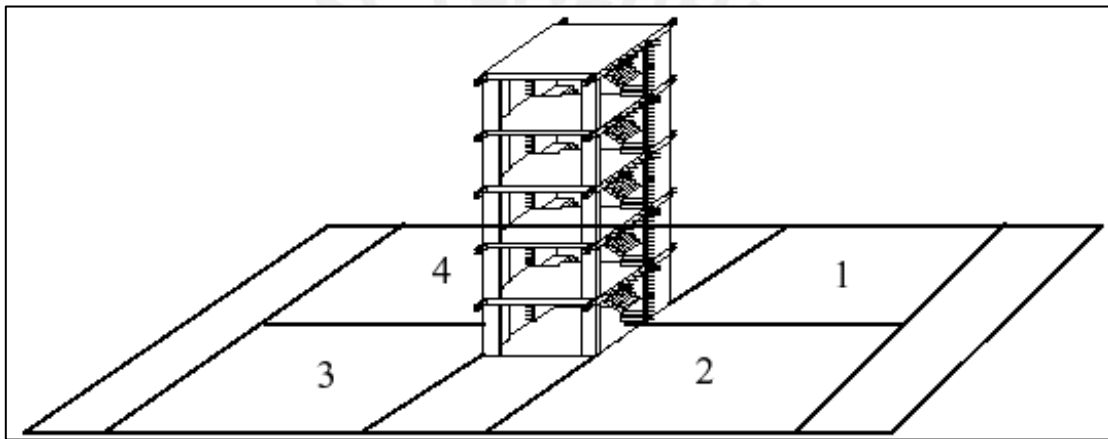


Figura 4.12 Caja de escaleras aislada de la estructura del edificio (Orihuela, 2003)

Reducir el tamaño de los lotes de diseño.

A diferencia de una obra donde los lotes de producción pueden ser áreas de encofrado, volúmenes de concreto, kilos de acero, etc., en el diseño los lotes se refieren a información, especificaciones y resultados que se producen y transmiten a través de los diferentes involucrados en el proyecto.

Por lo general, las decisiones de diseño y los 'outputs' son agrupados (*batched*) en las formas tradicionales y se transmiten de manera secuencial. Sin embargo, lo que se necesita es **dividir** los 'outputs' de diseño y comunicarlos con mayor frecuencia para así poder realizar otro trabajo de diseño, lo cual produciría pequeños lotes y

⁹ Orihuela, 2003.

acelera el proceso de diseño.¹⁰ Por ejemplo, es muy común tener en la oficina varios juegos de planos de la misma especialidad, planos que se han vuelto a plotear una y otra vez por diversas modificaciones, entonces ¿Por qué el trabajo de los especialistas consta en presentar planos completos y no parciales? Sería mejor tener un plan de trabajo donde se presente avances semanales de su trabajo y ese avance se envíe a los otros especialistas, para ser compatibilizados.

En una obra cuando se divide el trabajo por lotes de producción, se planifica de acuerdo a los metrados, rendimientos, y siguiendo las partidas de la obra; en el diseño no existen partidas formalizadas y mucho menos rendimientos, por lo demás el diseño es un proceso de naturaleza iterativa, por lo tanto es obvio que dividir en pequeños lotes de diseño no es tarea fácil, y que requiere de una estructura de trabajo ordenada.

4.3.4 MINIMIZAR LAS ITERACIONES NEGATIVAS.

En una obra el re-trabajo es considerado como pérdida, en el diseño no todo re-trabajo es considerado como tal, a este re-trabajo el “lean” lo llama iteración y considera que existe iteraciones negativas y positivas, las positivas son aquellos re-trabajos que agregan valor al producto, mientras que las negativas generan pérdidas como retrasos o demoras, y son llamadas a minimizar y en lo posible evitar.

Una iteración o re-trabajo en obra es tumbar una mocheta y rehacerla, es hacer un sobre piso cuando no se presupuestó, es picar la pared y volver a tarrajar, etc. En diseño una iteración negativa es recalcular las estructuras del edificio y una iteración positiva es volver a reunirse con el Ing. Estructural para buscar aislar la caja de escalera del edificio y permitir un trabajo por sectores como en el ejemplo de la constructabilidad.

Lottaz y otros ingenieros dieron en una conferencia en Nueva York sobre la aplicación de la computación en la ingeniería civil (1999) y contaron una historia que ilustra acerca de la iteración (innecesaria) negativa.

¹⁰ Ballard y Zabelle, 2000.

Se necesitaba hacer orificios en una viga de acero para los conductos de refrigeración (**figura 4.13**). Las primeras dimensiones fueron: 'd' (el diámetro del orificio), 'e' (la distancia entre orificios), 'x' (distancia desde el primer orificio a la columna) y 'h' (el espesor de la viga).

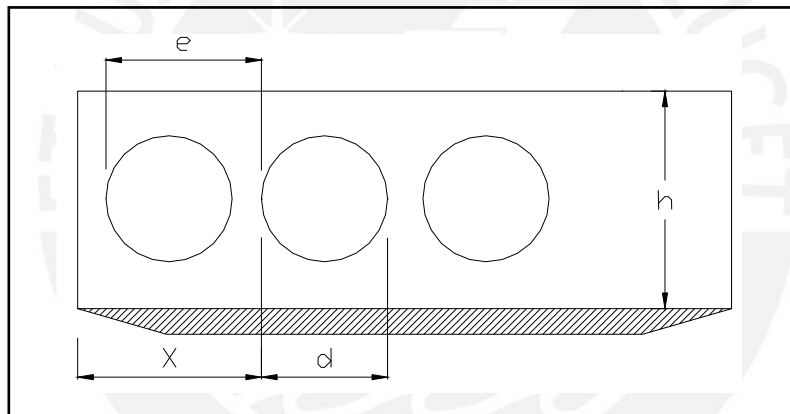


Figura 4.13 Viga de acero para conductos de refrigeración. (Lottaz, 1999)

Primero, el arquitecto especificó los valores para las 4 dimensiones, luego envió un dibujo con las especificaciones al fabricante de acero, quien cambió los valores de 'e' y de 'x' y luego envió sus dimensiones al ingeniero. El ingeniero redujo el diámetro del orificio (d) y regresó el documento al arquitecto. Este tal vez en un arranque de ira redujo el valor de 'x' de 1100mm a 1000mm y finalmente involucró al subcontratista HVAC, quien hizo más cambios y así continuó el ciclo de cambios y transferencia de documentos. Al contratista constructor se le agotó el tiempo, corrigió los valores de las dimensiones y mando fabricar la viga. Desafortunadamente, él no pudo persuadir al equipo a que aceptara su solución. El resultado fue considerado como una pérdida de tiempo y dinero para el proyecto.

Un cuadro con todos los cambios realizados se presenta a continuación:

Participantes del proyecto	d (mm)	e (mm)	h (mm)	x (mm)
Arquitecto	550	650	650	500
Fabricante de acero	550	900	650	1100
Ingeniero	200	900	650	1100
Arquitecto	200	900	650	1000
Sub-contratista HVAC	450	800	650	600
Ingeniero	400	900	730	700
Fabricante de acero	400	900	730	800
.....

Figura 4.14 Iteraciones en la viga de acero

Este es un ejemplo de entre muchos casos que actualmente ocurren en los proyectos de edificación y que provocan pérdidas a los mismos. Por lo tanto, se hace necesario reducir las iteraciones negativas y esto se consigue haciendo una planificación “pull” y una matriz estructurada de diseño (DSM) que explicamos a continuación.

Planificación para "jalar" la producción en el diseño.

La Planificación para “jalar” la producción, es una técnica propia del “lean” y que puede ser usada en todas las fases del proyecto. Cuando se habla de “jalar” la producción nos referimos a que solo se debe realizar el trabajo que produzca trabajo a otro, y de esta manera eliminar las pérdidas por sobreproducción (uno de los 7 tipos de pérdida de Ohno). Por ejemplo en construcción, los ferreros no deben armar una columna si los carpinteros no la van a encofrar.

Existen diferencias entre “jalar” y “empujar” la producción, “empujar” es trabajar sin ninguna planificación mientras exista “cancha” para avanzar en el terreno sobrecargando el trabajo al siguiente proceso, por ejemplo cuando los carpinteros preparan el encofrado de techo pero los ferreros todavía no tienen el suficiente acero para habilitar su fierro, los carpinteros seguirán avanzando y el trabajo de los ferreros

se acumulará, provocando atrasos. Cuando se empuja la producción, no se toma en cuenta la cantidad de equipo y mano de obra disponible, así como tampoco la velocidad de las cuadrillas, lo primordial es avanzar sin planificar con tal de cumplir los plazos de obra.

En la fase de diseño, una planificación “pull” sirve para planificar de manera efectiva el diseño del proceso a través del trabajo en equipo. El LPDS propone los siguientes pasos para hacer una planificación “pull” en cualquier fase del proyecto, los que hemos adaptado para la fase de diseño: ¹¹

- Definir el trabajo que se incluirá en la fase de diseño.
- Determinar las fechas de fin de la fase de diseño y de las tareas durante la fase de diseño.
- Realizar una planificación por equipos y pegarla en la pared con papeles o post-it, tal que sea fácil de remover. Adicionalmente, desarrollar el grupo de tareas requeridas para el diseño, trabajando en sentido contrario, es decir planificando de adelante hacia atrás partiendo de la fecha de culminación de la fase de diseño y colocando los hitos más importantes.
- Determinar las duraciones de las actividades o tareas de diseño si considerar tiempos de contingencia.
- Re-examinar de manera lógica para tratar de ajustar las duraciones de las actividades.
- Determinar la fecha más temprana de inicio de la fase de diseño.
- Si después de comparar el tiempo entre la fecha final y la de inicio de la fase de diseño con el tiempo que suman todas las actividades sobra tiempo, entonces decidir que actividades servirán de “buffer” o relleno usando el tiempo adicional. Planteando las preguntas:
 - ¿Cuáles son las actividades que tienen más probabilidad de no cumplirse?
 - Hacer una lista con dichas actividades por grado de incertidumbre.

¹¹ Ballard, 2000.

- Distribuir el tiempo disponible entre dichas actividades según el orden de la lista.
- ¿Está el equipo de acuerdo que los “buffers” son suficientes para asegurar el cumplimiento del trabajo dentro de las fechas propuestas?
- Si hay tiempo excedente disponible, decidir si acelerar la programación o usar el excedente para incrementar la probabilidad de a acabar a tiempo.

4.3.5 USAR EL SISTEMA DEL “ÚLTIMO PLANIFICADOR” PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN.

Ballard, uno de los fundadores del LCI diseñó un nuevo sistema de planificación y control de proyectos que lo denominó “*Last Planner*” es decir “el último planificador”. Este nuevo sistema consiste en que una persona o grupo de personas realicen un trabajo como último nivel de la planificación, por lo tanto sus instrucciones no van dirigidas a otros que no sean los actores directos de la tarea. De esta manera logran que lo que “queremos” y “podemos” se conviertan en lo que “vamos” a hacer, insertando confiabilidad a la planificación.

Una manera de controlar que las actividades planificadas por el último planificador se cumplan es medir el porcentaje de cumplimiento de dichas actividades usando los PPC (percentage planning complete). Estos PPC, como los denominó Ballard, nos dicen qué porcentaje de la actividad programada ha sido realizada en el lapso, por lo general, de una semana.

En la fase de diseño, quien debe cumplir el papel del “último planificador” es el Coordinador del proyecto, el jefe del equipo, pues resolverá en última instancia cuáles son las actividades a realizar en la semana, por ejemplo: si está pendiente la actividad “recopilación de requisitos municipales”, el coordinador del proyecto planificará quiénes serán los encargados de averiguar la información y cuándo deben presentarla

al equipo. Así también se deben medir los PPC de los tareas que deben cumplirse en la semana.

Además de medir el porcentaje de cumplimiento de las tareas (PPC), se pueden crear también, otras herramientas que ayuden a mejorar el control y la calidad del diseño, como las desarrolladas en Chile por Alarcón, L., y Mardones, D., que presentamos a continuación.¹²

a) Lista de tareas.

Este documento es usado por cada especialista del proyecto antes de comenzar su trabajo y contiene toda la información proveniente de las otras especialidades para que el especialista no haga suposiciones innecesarias con el fin de terminar su trabajo a tiempo.

b) Especificaciones de trabajo.

Estos buscan estandarizar la información introduciendo formatos para la identificación de los documentos, para evitar omisiones o malas interpretaciones de la información. Establecen mínimos de información requerida para el diseño de los planos y especificaciones, características técnicas de materiales y aspectos constructivos.

c) Esquema de planificación del diseño.

Este esquema establece una secuencia lógica para la transferencia de información entre los diferentes especialistas y para los cambios de diseño. Este esquema es la estructura para desarrollar las “listas de tareas” y de esta manera ayudar a los especialistas a obtener toda la información necesaria para iniciar su propio proceso de diseño.

d) Listas de revisión.

Estas listas son usadas para asegurar que los especialistas cumplan con las “especificaciones de trabajo” y para controlar los parámetros definidos para este propósito.

¹² Alarcón y Mardones, 1998.

e) Procedimientos de control de cambios.

Estos procedimientos son diseñados para evaluar en un futuro los impactos de los cambios en el proyecto.

4.3.6 USAR TECNOLOGÍAS QUE FACILITEN EL DISEÑO “LEAN”.

La tecnología es definitivamente hoy en día una herramienta muy poderosa para alcanzar altos niveles de productividad, no es la excepción en la construcción y en el diseño de proyectos. El LPDS recomienda usar la tecnología para visualizar el diseño simultáneo del proceso y del producto a través de la modelación en 3D y 4D, así mismo otra herramienta tecnológica es el uso de Intranets, que permiten un adecuado y ordenado flujo de información durante el desarrollo del proyecto, especialmente durante la definición y diseño del mismo.

Uso de Intranets

Las intranets son redes privadas que se han creado utilizando las normas y protocolos de Internet. Las intranets son atractivas por que disminuyen el costo de mantenimiento de una red interna y al mismo tiempo aumente la productividad, ya que ofrece a los usuarios acceso más eficaz a la información y a los servicios que necesita.

Las ventajas de usar Intranet son:

- Mayor eficacia organizacional y productividad, pues permite llevar un mejor orden del desarrollo de los diferentes proyectos, quiénes son los involucrados y cuáles son los plazos propuestos.
- Intercambio de información actualizada de manera rápida, por ejemplo envío de documentos, planos, fotos, etc.
- Permite una mejor comunicación entre especialistas.
- Permite estar al tanto de las tareas pendientes durante el desarrollo del diseño del proyecto.

Uso de Modelación 3D y 4D.

Desde tiempos inmemoriales, los humanos hemos empleado gráficos para transmitir información conceptual y emocional. El cerebro humano y la corteza visual son capaces de procesar grandes cantidades de datos visuales y pueden reconocer y extraer información útil de estos datos, en forma rápida y eficiente. Estudios han demostrado que aproximadamente 80% de nuestra información externa la recibimos en forma visual.¹³

Por lo tanto, son una herramienta clave de soporte para el diseño simultáneo del proceso y del producto (y para estructurar el trabajo en general). El objetivo sería integrar los modelos del proceso y del producto como por ejemplo complejas bases de datos capaces de representar el diseño del producto en 3D y también capaces de modelar la fabricación, logística, ensamblaje, puesta en servicio, y operaciones de este producto o sus componentes.

La modelación 3D puede ser útil en la Definición del proyecto, en la producción del diseño y en la ingeniería de detalle. En la definición del proyecto, los modelos pueden ser usados como bosquejos para demostrar conceptos alternativos. En el propio diseño, los modelos pueden ser usados para garantizar que los sistemas de diseño, sub-sistemas y componentes estén de acuerdo a las especificaciones. En la ingeniería de detalle, el producto puede ser construido en la computadora antes de ser construido en el espacio y tiempo físicos.

En el siguiente ejemplo trata sobre la ejecución de un Rail Box en Estados Unidos, la compañía Strategic Project Solutions utilizó la modelación en 3D y 4D como parte de su estrategia. En este caso el reto era mayor pues se recibió el proyecto con un retraso de 12 semanas y necesitaba terminarse en el plazo establecido.



Figura 4.15 Rail box

¹³ Graphics supercomputing on windows, 1998.

La estrategia utilizada fue:

- Aplicar re-ingeniería al proceso de producción
- Formar equipos multidisciplinarios de producción
- Diseñar productos standard usando “realidad virtual”
- Pre-ensamblar módulos y limitar al equipo de campo a la instalación final
- Usar un solo set de información desde la ingeniería de detalle hasta la etapa de producción en obra
- Usar SPS Production Manager para controlar el proceso

El procedimiento tal como se observa en la **figura 4.16 y 4.17** pasa por un diseño en realidad virtual planificado por el equipo multidisciplinario y donde observamos que la ejecución “jala” al diseño, y no lo que comúnmente pasa que el diseño “empuja” la construcción.

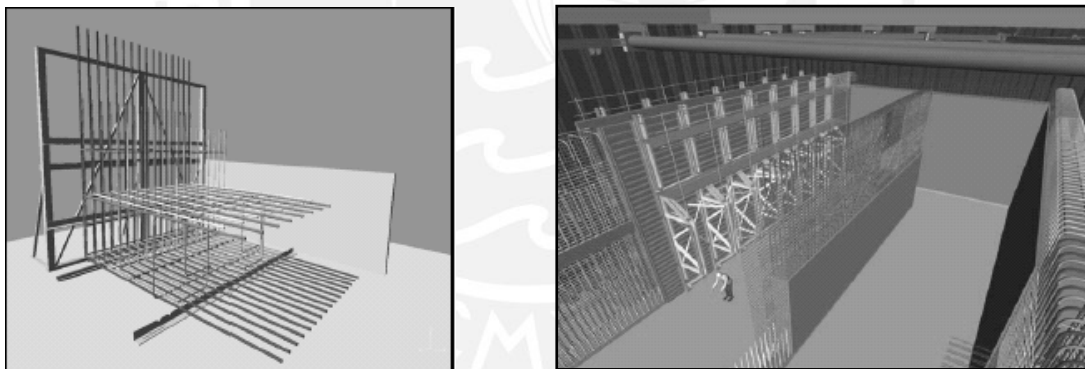
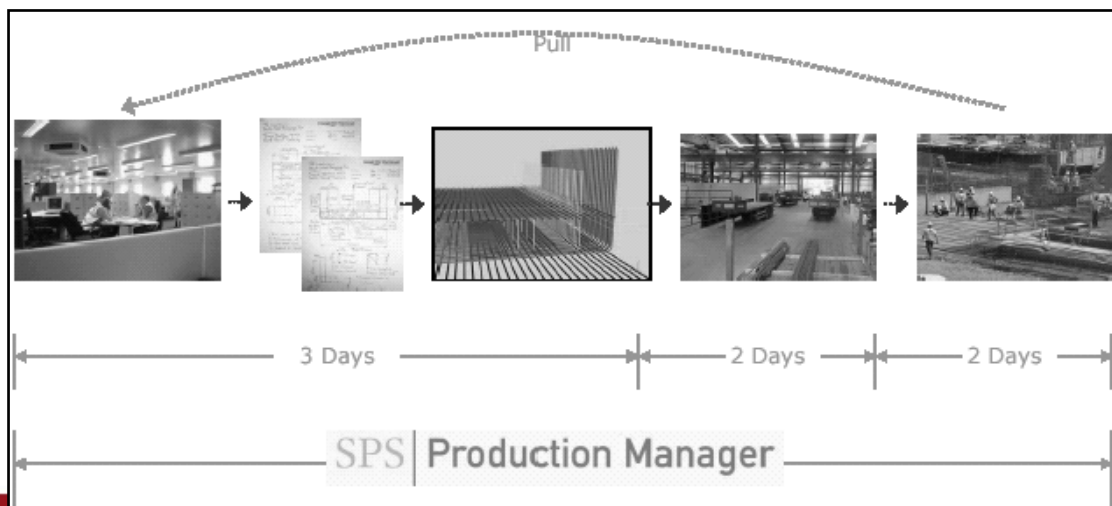


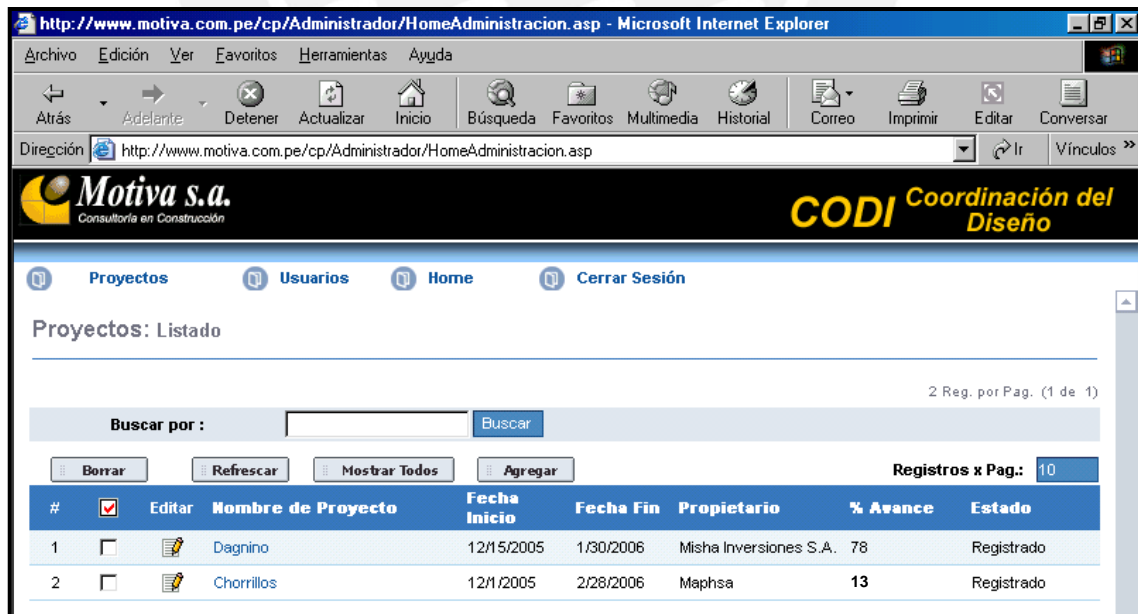
Figura 4.16 Prototipos en 3D



4.4 ALGUNAS HERRAMIENTAS PARA UN DISEÑO “LEAN”

4.4.1 INTRANET

La empresa MOTIVA S.A., ha creado una Intranet, llamada CODI “Coordinación del diseño” a través del cual se puede, como su nombre lo indica, coordinar distintos proyectos, intercambiando ideas, archivos, fotos, etc. Y lo más importante permite llevar un control de las actividades de diseño a través del seguimiento de las mismas que hace el Coordinador del proyecto, así también permite agilizar la compatibilidad de los planos pues todos los especialistas confluyen en la misma Intranet permitiendo el intercambio de ideas, dudas, etc.



The screenshot shows a web browser window displaying the CODI (Coordinación del Diseño) interface. The page title is "Proyectos: Listado". Below the title, there is a search bar with the text "Buscar por:" and a "Buscar" button. To the right of the search bar, it says "2 Reg. por Pag. (1 de 1)". Below the search bar, there are buttons for "Borrar", "Refrescar", "Mostrar Todos", and "Agregar". To the right of these buttons, it says "Registros x Pag.: 10". Below the buttons, there is a table with the following columns: #, Editar, Nombre de Proyecto, Fecha Inicio, Fecha Fin, Propietario, % Avance, and Estado. The table contains two rows of data:

#	Editar	Nombre de Proyecto	Fecha Inicio	Fecha Fin	Propietario	% Avance	Estado
1	<input type="checkbox"/>	Dagnino	12/15/2005	1/30/2006	Misha Inversiones S.A.	78	Registrado
2	<input type="checkbox"/>	Chorrillos	12/1/2005	2/28/2006	Maphsa	13	Registrado

Figura 4.18 Proyectos en el CODI

En el CODI encontramos 6 campos, una vez creado el proyecto:

1. Generales.
2. Integrantes.
3. Tareas.
4. Comunicaciones.
5. Documentos/planos.
6. Fotos.

Generales, guarda todos los datos que describen al proyecto, como Nombre del Proyecto, propietario, ubicación, descripción del mismo, altura máxima, lote normativo, fecha de inicio, fecha de fin, etc.

Integrantes, contiene los datos de todos los que participan en la coordinación del proyecto y que tienen acceso a la Intranet, aquí encontramos: nombre, teléfonos, correo electrónico y especialidad. Esto es de ayuda para todos los miembros del equipo de diseño de tal forma que saben los datos de los demás involucrados del proyecto.

Tareas, es donde se ubican todas las actividades de diseño que fueron acordadas y que están en proceso o ya fueron culminadas. Aquí el Coordinador del proyecto es quien lleva el control del avance de las tareas pues se establece un % de avance con la incidencia por tarea de forma que del producto de ambos tenemos un avance total (real). Este control es sugerido por el LCI pues propone medir el PPC no solo en la obra si no también en el diseño. Por otro lado, también encontramos las fechas de inicio y fin de la tarea, así como el responsable de la misma. Todo esto estructura el trabajo de manera más ordenada, lo cual también es otra de las propuestas del Diseño "lean". A continuación un ejemplo donde se detallan tareas de diseño como: Definición del segmento del mercado, verificación de las dimensiones del terreno, tramitar la Licencia de demolición, etc.

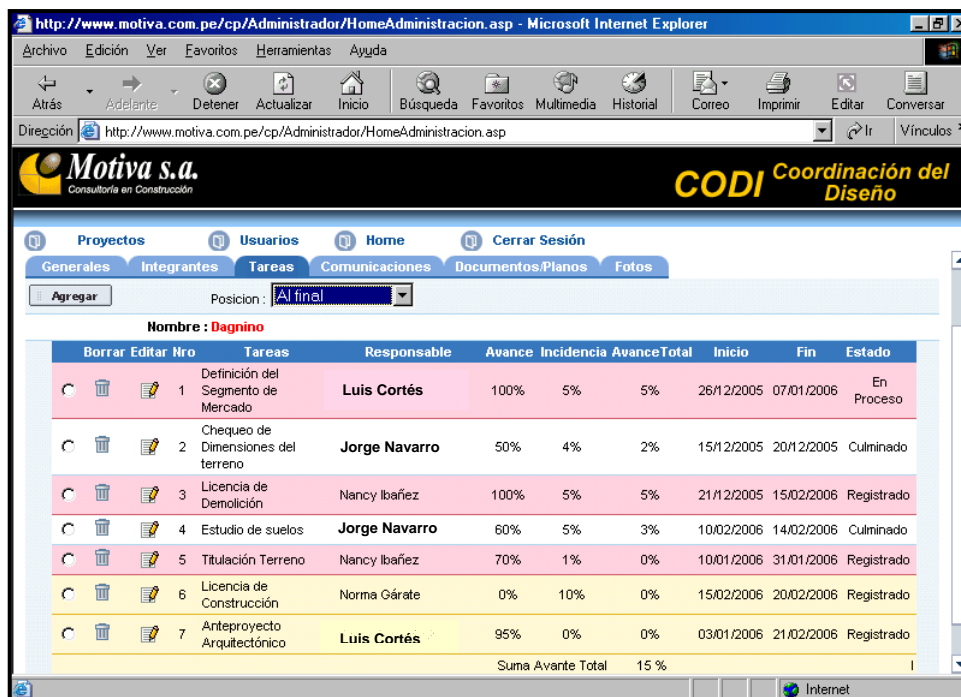


Figura 4.19 Tareas en el CODI

Comunicaciones, es lo mismo que un correo electrónico, con la diferencia de que acá la persona encontrará los mensajes referidos solo al proyecto en el que está involucrado y no miles de correos de diferentes asuntos como suele ocurrir. Por ejemplo los mensajes acerca de la observación del título del terreno, reunión con el Ing. Estructural, con el propietario, etc.

Documentos y planos, es donde podemos encontrar todos los archivos referentes al diseño del proyecto. Esto contribuye al que es, según las encuestas, el mayor problema en obra debido a un mal diseño, nos referimos a la compatibilización de los planos, pues en un mismo sitio se encontrarán los planos y archivos de todas las especialidades, y de esta forma cada especialista puede comparar y enviar sus avances.

Fotos, aquí se encuentra todas las fotos desde el inicio del diseño y que son necesarias para una mejor visualización del proyecto, por ejemplo fotos del terreno, de los vecinos. Las fotos pueden contribuir con la ubicación de los equipos, materiales y obras provisionales (layout), así como prever problemas de replanteo del terreno.

4.4.2 PROTOCOLO DE DISEÑO.¹⁴

El protocolo ha sido creado a través de casos estudiados, investigados por pequeñas compañías constructoras brasileras. Todas las compañías están involucradas en el desarrollo y construcción de edificaciones comerciales y residenciales. Cada una de ellas ha creado su propio modelo para gerenciar el proceso de diseño. Mucho del trabajo necesario para el desarrollo de los modelos en cada compañía fue realizado por un equipo, el cual incluyó personal de la compañía, algunos diseñadores externos y un representante del equipo de investigación. La definición de cada modelo fue el resultado de un proceso de negociación que involucra todos los actores. Cada modelo consiste de un plan general para gerenciar el proceso de diseño. Sus principales elementos son: (a) el contenido de las principales actividades, (b) sus relaciones de precedencia, (c) los principales recursos y productos de cada actividad, (d) las herramientas que pueden dar soporte a la ejecución de dichas actividades, (e) el rol y las responsabilidades de los diferentes actores, y (f) un modelo de flujo de información.

Dos principales herramientas han sido usadas en este estudio para la modelación del proceso de diseño. El primero de ellos es un **diagrama de flujo**, el cual representa gráficamente el proceso, incluyendo la división del proceso en sub-procesos, haciendo relaciones de precedencia explícitas. Para conservar un diagrama de flujo de todo el proceso de diseño tan simple y tan legible como sea posible, fue necesario agrupar la información de una manera jerárquica. Hay un diagrama de flujo general que presenta las 7 etapas de diseño (inicio y factibilidad; diseño del bosquejo preliminar; diseño del esquema, diseño de los requerimientos legales; diseño del detalle, monitoreo de producción; y retroalimentación y operación), para cada etapa

¹⁴ Tzortzopoulos y Formoso. (1999)

hay un diagrama de flujo de actividades y, para las actividades más complejas, un diagrama de flujo de operaciones.

Esta forma de representación nos da una amplia visión del proceso de diseño, debido a que el diagrama de flujo general es relativamente corto, y, al mismo tiempo hace posible planificar el proceso de diseño con un nivel relativamente fino de detalle.

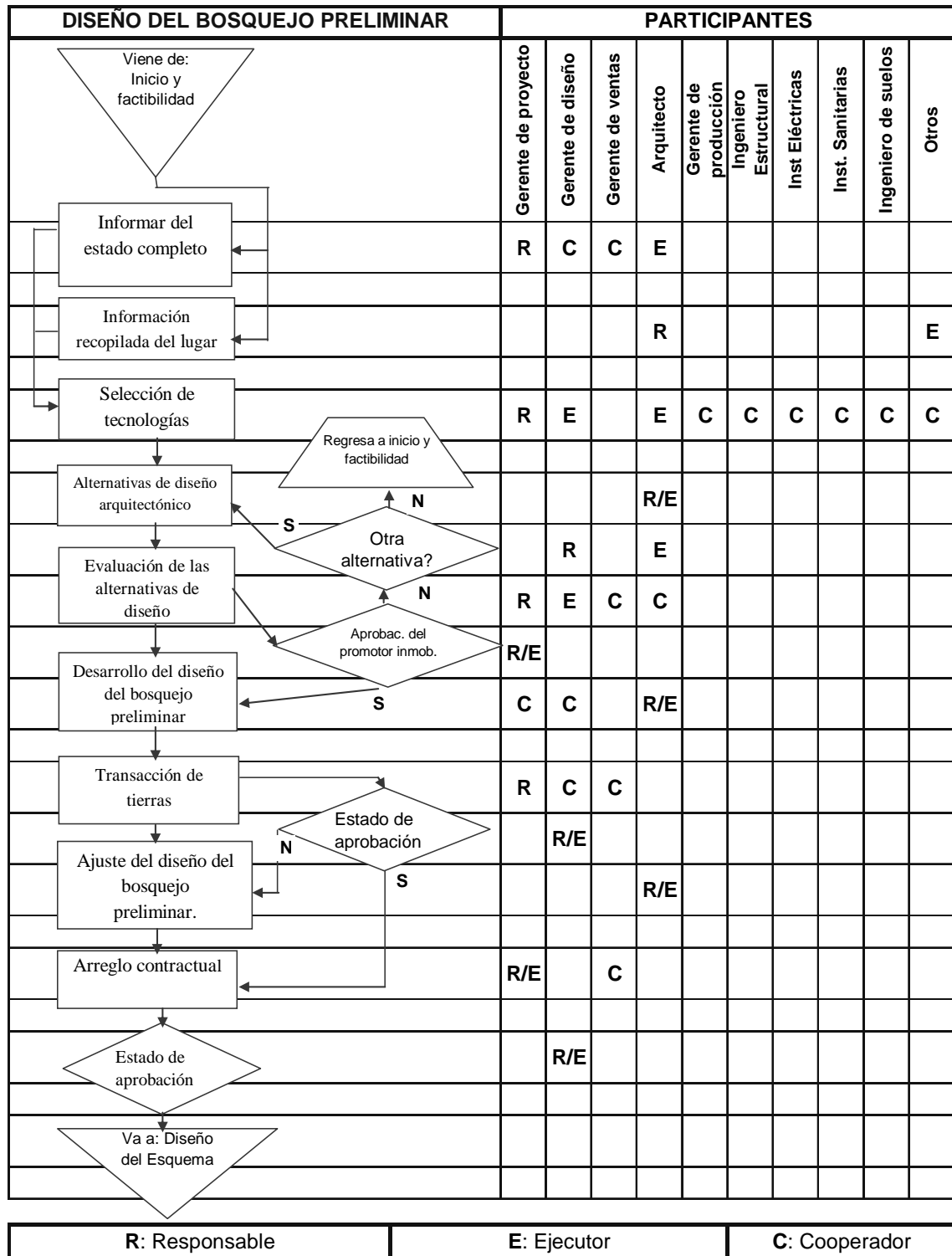


Figura 4.20 Diagrama de flujo de la etapa del bosquejo preliminar. Tzortzopoulos y Formoso (1999)

A demás de esto, los procedimientos y las instrucciones de trabajo fueron desarrollados por un número de actividades. Cada procedimiento describe el objetivo de la actividad, la información ingresante y sus abastecedores, los pasos para el desarrollo de la actividad, la información producida y sus clientes internos. Las instrucciones de trabajo consisten de herramientas usadas para dar soporte a la ejecución de la actividad.

4.4.3 MATRIZ ESTRUCTURADA DE DISEÑO. (DSM)

El caso de la viga de acero es un ejemplo de repeticiones negativas, repeticiones que se podrían haber evitado sin pérdida de valor. Situaciones como estas son muy comunes debido al criterio “múltiple” que cualquier diseño debe reunir, y al tradicional proceso secuencial, conocido como “tirar las cosas por encima de la pared” (por que cumple con arrojar las cosas sin importar quien está detrás de la pared).

La elaboración de un cronograma para "jalar" la producción realizada por un equipo multidisciplinario es lo primero que se debe hacer para minimizar las repeticiones negativas de este tipo. Después promover el detalle de los 'inputs' requeridos para las actividades incluidas en el cronograma que "jala" la producción en el diseño, la matriz estructurada de diseño (DSM) puede ser usada para minimizar los lazos de repetición.

El cronograma para "jalar" la producción tendrá tareas de diseño secuenciadas en alguna manera. En la matriz mostrada en la **figura 4.21**, las tareas marcadas con una letra están indicando sus lugares en la secuencia original. Una "x" en la matriz indica que la tarea en la lista vertical es dependiente de la tarea en la lista horizontal.

MATRIZ ORIGINAL																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Tarea A																				
Tarea B	X																			
Tarea C	X	X																		
Tarea D			X																	
Tarea E		X										X								
Tarea F		X	X												X		X			
Tarea G		X		X																
Tarea H	X				X															
Tarea I					X		X													
Tarea J		X	X					X												
Tarea K								X						X						
Tarea L									X										X	
Tarea M								X							X				X	
Tarea N				X						X					X					
Tarea O			X									X								
Tarea P													X	X						
Tarea Q														X			X			
Tarea R																X				
Tarea S								X												
Tarea T												X								

Figura 4.21 Matriz original

Por ejemplo, la tarea F es dependiente de la tarea B, C, P y R. Debido a que B y C están actualmente programadas para ser hechas antes que F, no presentan ningún problema. Sin embargo, las tareas P y R están actualmente programadas para ser hechas después que F. Este lazo o ciclo de dependencia es común en diseño debido a la complejidad e interdependencia de las decisiones de diseño. Sin embargo, la medida de tales lazos puede ser reducida usando algún software como el DSM, creado por el LCI y la universidad Loughborough para la planificación del diseño.

El DSM restringe un algoritmo para re-secuenciar las tareas y minimizar los ciclos o lazos de repetición. Después de correr el software, se producirá una nueva matriz mostrada en la **figura 4.22** con pequeños lazos. Se deduce que el DSM puede ser usado varias veces más, al mismo tiempo que la redefinición de las tareas, para llegar a un cronograma de diseño aceptable. Este cronograma por lo general siempre tendrá algunos lazos pero serán más pequeños y manejables.

NUEVA MATRIZ PARTICIONADA																				
	A	B	C	D	G	J	L	E	I	S	O	M	Q	R	T	P	F	H	K	N
Tarea A																				
Tarea B	X																			
Tarea C	X	X																		
Tarea D	X		X																	
Tarea G		X		X																
Tarea J		X	X						X											
Tarea L						X				X										
Tarea E	X	X					X													
Tarea I					X			X												
Tarea S									X											
Tarea O			X				X													
Tarea M									X	X	X									
Tarea Q											X			X						
Tarea R													X							
Tarea T												X								
Tarea P												X								X
Tarea F		X	X											X		X				
Tarea H	X																X			
Tarea K																		X		X
Tarea N				X												X			X	

Figura 4.22 Nueva matriz particionada

BIBLIOGRAFÍA

- ORIHUELA, Pablo. “Aplicaciones del Lean Design a Proyectos Inmobiliarios de Vivienda” Conferencia. Maestría en dirección de empresas constructoras e inmobiliarias. Lima. 2005
- ORIHUELA, Pablo y Jorge ORIHUELA. *Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios*. Motiva S.A. Lima. 2002
- GHIO, Virgilio. *Productividad en obras de construcción*. Chile. 2001.
- BALLARD, Glenn y Todd ZABELLE. *Lean Design - White paper n° 10*. Lean Construction Institute. 2000.
- TZORTZOPOULOS, Patricia y Carlos FORMOSO. *Considerations application of lean construction principles to design management*. Conferencia. Intenacional group for lean construction. California, USA.1999.
- FORMOSO, Carlos y Otros. *Developing a protocol for managing the design process in the building industry*. Conferencia. Intenacional group for lean construction. Guaruja, Brazil.1998.
- ALARCÓN, Luis y Daniel MARDONES. *Improving the design-construction interface*. Conferencia. Intenacional group for lean construction. Guaruja, Brazil.1998.
- <http://www.motiva.com.pe>.
- <http://www.aulafacil.com>.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El modelo Lean Project Delivery System (LPDS) del Lean Project Management proporciona las herramientas necesarias para gerenciar cualquier proyecto de edificación donde se quiere maximizar el valor y minimizar las pérdidas desde el inicio del proyecto hasta su uso final. En comparación con otras corrientes que se han descrito en el primer capítulo de la presente tesis, el LPDS presenta un sistema completo de control y mejoramiento continuo en todas las partes de un proyecto de edificación utilizando las técnicas “lean”.
- El diagnóstico realizado en Lima, y que se presenta en el capítulo 2, ha reflejado un bajo nivel en la calidad del diseño de los proyectos de edificación, 66% de los encuestados lo califica de regular a deficiente. Por lo tanto es necesario que los profesionales de la construcción volteen la mirada hacia esta fase, pues su buen desarrollo influye de manera importante en la eficiencia de la construcción tal como lo afirman 86% de los encuestados.
- Otro aspecto que llama la atención en los resultados obtenidos, es que Arquitectura y Estructuras son las dos especialidades que se consideran las más influyentes durante el diseño de los planos y que son donde se realizan las mayores modificaciones al iniciar la obra, además son entre estas dos especialidades donde ocurren mayores incompatibilidades en sus diseños una vez iniciada la construcción del proyecto.
- Respecto a la incompatibilidad de planos, se encontró que este refleja un 35% de los problemas ocurridos en la obra debido a un mal diseño del proyecto, un porcentaje notoriamente mayor que los otros problemas existentes, lo que nos indica a dónde deben enfocarse los esfuerzos para el mejoramiento de esta fase.
- Por otro lado, se concluyó que existe por parte de los proyectistas la costumbre de no estudiar nuevas alternativas que agreguen valor al proyecto como por ejemplo en los sistemas constructivos, apostando por sistemas tradicionales, tal como lo manifiestan 67% de los encuestados. Así también se

encontró una falta total de control por parte de los especialistas acerca del avance de sus diseños y la poca, en algunos casos casi nula, visita de estos durante la ejecución del proyecto.

- Finalmente en cuanto al diagnóstico realizado, se observó que existe un total desconocimiento en el medio acerca del uso de intranets y modelación 3D o 4D para el desarrollo del diseño, solo un 18% dice conocerlos, así como de cualquier otra tecnología para esta fase. Lo que nos indica que si bien en la ejecución de obras de construcción se han ido presentando nuevas tecnologías, la fase de diseño se ha quedado estancada en la evolución del uso de tecnologías que ayuden a hacerla más eficiente.
- Es muy importante al iniciar un proyecto de edificación conocer las preferencias del cliente final (sus necesidades y valores), y de esta forma generar un producto que encuentre receptividad en los clientes finales. Para ello se propone la aplicación del QFD que traduce la voz del cliente en requerimientos técnicos.
- La definición del proyecto, es una fase que no tiene una secuencia lógica, es más bien iterativa y busca obtener un conceptos de diseño que permitan iniciar el diseño del proyecto.
- Para definir el proyecto primero se debe establecer un equipo (no un grupo) del tipo multidisciplinario, con un Coordinador del proyecto e integrado por especialistas, representante de ventas, inversionista(s) y algunos proveedores; definiendo también las responsabilidades de cada uno.
- Para definir el proyecto, es necesario también, recopilar toda la información necesaria para establecer los alcances del proyecto, tomando en cuenta la experiencia de otras obras, para la cual se proponen las evaluaciones post-ocupación. Así también, es necesario conocer los requerimientos municipales, las expectativas de los involucrados, las consideraciones normativas del reglamento de edificaciones, etc.

- Otro factor importante en la definición de un proyecto es la de realizar reuniones de coordinación con todos los miembros del equipo donde debe buscarse acuerdos respaldados por la información recopilada con anterioridad.
- Luego de la definición se inicia el diseño del proyecto, donde se debe continuar con un equipo de trabajo del tipo multidisciplinario que debe incluir a los constructores. Este equipo multidisciplinario, con las características presentadas en el capítulo 3, deberá continuar durante todas las fases del proyecto y con más o menos integrantes según las tareas a desarrollarse.
- En la construcción los re-trabajo son indeseables, mientras que en el diseño son favorables siempre y cuando agregue valor al proyecto.
- Durante el diseño debe arriesgarse por seguir una estrategia basada en múltiples alternativas, que permite innovar y agregar valor al proyecto, delimitando el espacio de las posibles soluciones, encontrando puntos en común y respetando diseño pre-establecidos.
- Los especialistas durante el diseño deben presentar avances de su trabajo, en coordinación estrecha con las demás especialidades, para evitar incompatibilidades, resolver dudas y discutir opiniones contrarias.
- Para visualizar los procesos de diseño, así como reconocer los recursos necesarios para las actividades durante esta fase, son de utilidad el uso de diagramas de flujo y las tablas 'recurso-proceso-producto'.
- Es imprescindible durante el diseño, realizar de manera simultánea el diseño del proceso, por ejemplo la secuencia constructiva, y el diseño del producto, por ejemplo el diseño de los planos, usando la constructabilidad como una herramienta para lograrlo.
- Es importante estructurar el trabajo de diseño, organizando el orden de las tareas de diseño, definiendo los responsables para evitar re-trabajos que puedan obviar o ignorar el avance de un miembro del equipo, y planificando

“jalando” la producción del diseño, marcando hitos y dejando de hacer tareas que no produzcan trabajo a otros.

- Así también es necesario llevar un control de las tareas de diseño, a través de mediciones como los PPC, o a través de documentos como listas de tareas, especificaciones de trabajo, listas de revisión (checklist), etc. Además, usar tecnologías que permitan la mejor visualización del diseño del proyecto como la realidad virtual 3D o 4D, así como el uso de una Intranet que mejora la comunicación y coordinación entre los miembros del equipo del proyecto.

