

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**EXPERIENCIAS DE LA APLICACIÓN DE KANBAN  
EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN SERIE.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

ING. CIVIL - GESTIÓN ADMINISTRATIVA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A:

**ING. MAGNOLIA SOTO FÉLIX**

TUTOR:

**DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO**

2008





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. SALVADOR DÍAZ DÍAZ

Secretario: M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

Vocal: DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

1er Suplente: ING. ERNESTO RENE MENDOZA SÁNCHEZ

2do Suplente: M.C. MAURICIO JESSURUN SALOMOU

Lugar donde se realizó la tesis:  
CULIACÁN, SINALOA.

**TUTOR DE TESIS:**

DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

---

**FIRMA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado la oportunidad de presentar mis estudios de posgrado en la mejor universidad de Latinoamérica.

A mis maestros que con los conocimientos y experiencias transmitidas, nos enseñaron y motivaron a marcar la diferencia en la Industria de la Construcción.

A mis padres que siempre me han apoyado para mi desarrollo académico, profesional y personal.

A mi esposo que durante mis estudios de Maestría me apoyó en todo momento.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO I LA MANUFACTURA ESBELTA</b>	<b>6</b>
1.1 INTRODUCCIÓN A LA MANUFACTURA ESBELTA	6
1.1.1. Objetivos	6
1.1.2. Características	7
1.2. RESEÑA HISTÓRICA	8
1.2.1. Sistema de producción Toyota	9
1.3 DESPERDICIOS	10
1.3.1. Tipos de desperdicios	10
1.4 PRINCIPIOS DEL PENSAMIENTO ESBELTO	12
1.5 PRINCIPIOS DE LA MANUFACTURA ESBELTA	13
1.5.1 Las 5 ´s	13
1.5.2 Just in Time	18
1.5.3 Sistema Pull	19
1.5.4 Control Visual	20
1.5.5 Kanban	20
1.5.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	21
1.5.7 Dispositivos para prevenir errores (Poka Yoke)	21
1.5.8 Indicador Visual (Andon)	22
1.5.9 Mejora continua Kaizen	23
1.6. CONCLUSIÓN	24
<b>CAPÍTULO II CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS</b>	<b>25</b>
2.1 INTRODUCCIÓN A LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS	25
2.2 CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN	26
2.3 EL FLUJO DE LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN	28
2.3.1 Mediciones	28
2.3.2 Problemas de flujo causados por conceptos directivos convencionales	29
2.4 PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS	31

2.4.1 Reducción de las actividades que no agregan valor	32
2.4.2 Incremento del valor al producto	32
2.4.3 Reducción de variabilidad	33
2.4.4 Reducción de tiempo del ciclo	33
2.4.5 Simplificación mediante minimización de los pasos	34
2.4.6 Incremento de la transparencia en los procesos	35
2.4.7 Enfoque del control del proceso al proceso completo	35
2.4.8 Introducción del mejoramiento continuo en los procesos	36
2.5 PRINCIPIOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS	37
2.5.1 Justo a tiempo (JIT)	37
2.5.2 Administración de la calidad total	38
2.5.3 Competencia basada en el tiempo	39
2.5.4 Ingeniería Concurrente	40
2.5.5 Reingeniería	40
2.5.6 Administración basada en el valor	41
2.5.7 Administración visual	41
2.5.8 Mantenimiento total productivo	42
2.5.9 Integración de los empleados	42
2.5.10 Grupos multifuncionales de trabajo	43
2.5.11 Kaizen	43
2.5.12 Orientación al cliente	44
2.6 CONCLUSIÓN	45
<b>CAPÍTULO III KANBAN</b>	<b>46</b>
3.1 ORIGEN	46
3.2 INTRODUCCION AL KANBAN	48
3.2.1 Kanban como sistema Físico	48
3.2.2 Kanban como sistema Abstracto	50
3.3 PRE-REQUISITOS DE KANBAN	51
3.4 IMPLEMENTACION DE KANBAN	52
3.5 REGLAS DE KANBAN	56
3.6 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE KANBAN	59
3.7 CONCLUSIONES	61

## **CAPÍTULO IV KANBAN APLICADO A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN SERIE**

4.1 ANTECEDENTES	62
4.2. PROBLEMÁTICA	63
4.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA KANBAN	64
4.3.1 Tarjetas Kanban	64
4.3.2 Reglas de kanban aplicadas en la construcción	67
4.3.3 Implementación de Kanban	69
4.4. DIAGNÓSTICO	71
4.4.1 Objetivos y beneficios esperados	71
4.4.2 Metodología	72
4.4.3 Limitaciones y posibles soluciones	73
4.5 RECOMENDACIONES	83
4.6 CONCLUSIONES	87
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>91</b>

## INTRODUCCIÓN

En México, el número de personas que pueden comprar una vivienda a través de las diferentes entidades de crédito, ha aumentado de manera significativa en los últimos años, a la par, las empresas dedicadas a la construcción de viviendas en serie se han visto beneficiadas aumentando de manera importante su venta y producción anual.

Las desarrolladoras de viviendas buscan abarcar la mayor parte del mercado, por lo que una de éstas ha adoptado filosofías japonesas como Kanban, *Poka Yoke*, *Just in time*, etc. Para aumentar su competitividad y eficiencia.

La presente investigación muestra como es aplicado el Sistema Kanban en la construcción de viviendas en serie en México, los beneficios teóricos que las empresas desarrolladoras de viviendas pueden obtener aplicando el sistema kanban así como las limitaciones que hacen que kanban difícilmente logre los resultados deseados.

Propongo posibles soluciones a estas limitaciones, para que la empresa cumpla con las necesidades del sistema, obteniendo con esto: mayor control de la producción, reducción de inventario, reducción pérdidas, y eliminación de tiempos muertos y sobre todo un producto de calidad total. Las recomendaciones son el resultado de las experiencias plasmadas por parte de cada uno de los que participan en el sistema Kanban en la construcción de viviendas en serie en el estado de Sinaloa. Así como del resultado de la calidad del producto final.

### **Hipótesis.**

El sistema Kanban aplicado a la construcción de viviendas en serie, brinda beneficios notables a las empresas constructoras que cumplan con los requisitos que Kanban requiere para su correcta aplicación. Si no se cuenta con una empresa responsable,



trabajadores y proveedores comprometidos con el sistema, Kanban difícilmente obtendrá los resultados esperados.

### **Objetivos**

Dar a conocer los principales puntos que hacen que kanban aplicado a la construcción de viviendas en serie, se vea limitado y no brinde los resultados para los que fue implementado.

Dar a conocer las recomendaciones necesarias para que se cumpla con los resultados que kanban puede proporcionar a la construcción de viviendas en serie.

La presente tesis cuenta con 4 capítulos:

En el primer capítulo se plasma la historia, características y principales corrientes de la manufactura esbelta.

El segundo capítulo habla sobre estas corrientes enfocadas a las necesidades de la construcción denominada Construcción Sin Pérdidas.

El tercer capítulo contiene la teoría del sistema Kanban, historia, características, beneficios, reglas, ventajas y limitaciones.

En el último capítulo habla sobre la aplicación del sistema Kanban a un caso particular, así como sus beneficios y limitaciones, y las posibles sugerencias que nuestra empresa deberá tomar para poder obtener los resultados que nos brinda el sistema Kanban.

### **Utilidad de la tesis.**

La presente investigación propone las características que debe tener una empresa para que el Sistema Kanban logre los resultados deseados, basado en las experiencias que ha dejado la aplicación de kanban en la construcción de viviendas en serie en el estado de Sinaloa.

## **ABSTRACT**

The use of new currents coming from lean thinking culture are essential to renew the construction industry in México, it is necessary to create a culture of discipline, commitment, innovation and quality to make the costumers, the company and the providers have a win to win result.

This research has the objective of giving to the reader more information about the diverse philosophies of the lean thinking and how they get adapted to the construction industry needs. It describes the methodology that is followed for Kanban System's application in serial houses construction and also it describes the restrictions and possible solutions resulted of the experiences of the personnel involved in the system. The used methodology for the results obtaining was the theoretical study of the lean thinking through internet pages and books related to the topic as well as the information's compilation in the field, through interviews and direct observation.

Kanban is a highly effective system but it needs the commitment from the company, suppliers, workers and a project that reaches the final goal which is the final product's quality. The company must provide the training and the necessary tools to all the people who are involved in the Kanban system and this way it doesn't seem limited and maintain the wished results. The housing's development construction plays a very important role in society, because of this, we will have millions of families who will be benefited or harmed by the final product. The effort that every person does to obtain a home must be corresponded with a product which can improve the quality of family's life.

## CAPÍTULO I LA MANUFACTURA ESBELTA

La manufactura esbelta ha probado su alta eficiencia en el área de producción, garantizando la disminución de todo tipo de desperdicio y su alta eficiencia operativa. En este capítulo nos centraremos en definir ¿Qué es la manufactura esbelta?, su historia, principios y las principales herramientas que hacen posible el éxito de la Manufactura Esbelta.

### 1.1 Introducción a la Manufactura Esbelta.

La manufactura esbelta se basa en los principios del pensamiento esbello, es una filosofía que integra un conjunto de métodos y herramientas enfocadas a mejorar los procesos u operaciones, mediante la eliminación sistemática del desperdicio o muda, es decir, todas aquellas actividades que agregan tiempo y costos sin agregar un valor al proceso. (Womack, 1996).

#### 1.1.1 Objetivos

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta son implantar una filosofía de Mejora Continua que permita a las empresas reducir costos, mejorar procesos, eliminar desperdicios y aumentar la satisfacción del cliente y el margen de utilidad del producto. La manufactura esbelta es aplicada para satisfacer la necesidad de los clientes más exigentes y rivales más efectivos y seguir siendo rentable.

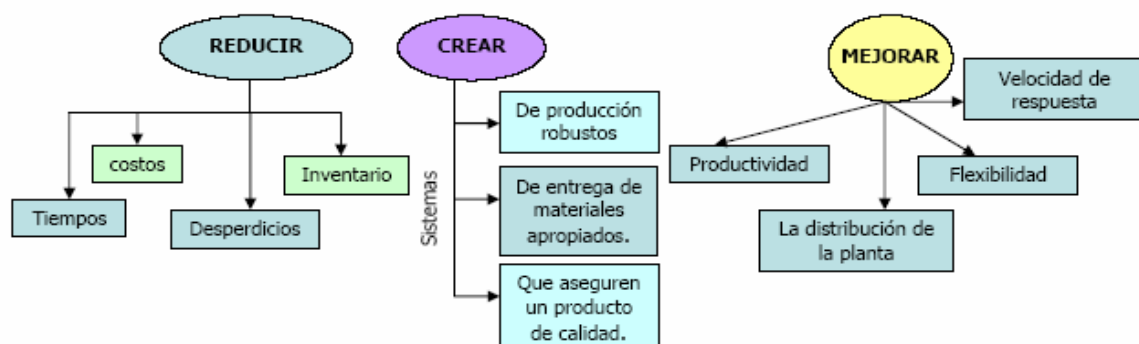


Fig. 1.1 Objetivos de la Manufactura Esbelta.

La Manufactura Esbelta proporciona a las empresas las herramientas necesarias para sobrevivir en un mercado global que exige alta calidad, rápida entrega, costos accesibles en la cantidad requerida.

### **1.1.2 Características**

La manufactura esbelta también es definida como un sistema para la identificación y eliminación del desperdicio y las actividades que no agregan valor, a través de la mejora continua, con el afán de alcanzar la perfección deseada del cliente. (Peterman, 2001)

Basada principalmente en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador: Kaizen.
- La mejora continua de Productividad y Calidad.

Dentro de la Manufactura Esbelta se debe pensar:

- En flujos y no en procesos de producción discretos.
- Adoptar sistemas *“Lean”* en lugar de mejorar procesos aislados.
- Trabajar en el conjunto y mejorar el todo, no solo optimizar las partes.
- Ser visionarios, es decir, aprender a visualizar el conjunto.
- Aprender a observar para crear valor.
- Ser disciplinado con apego a los principios del pensamiento esbelto.

## 1.2 Reseña histórica

Sus antecedentes se ubican en Japón en el año de 1950, pero fue hasta los años 90's cuando se le asignó el término Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*), gracias a tres investigadores estadounidenses en la obra titulada "La Máquina que Cambió al Mundo" (*The Machine that Changed the World*).

En la actualidad existen grandes confrontaciones entre estadounidenses y japoneses acerca de donde surgieron los conceptos o principios que son la base de la Manufactura Esbelta.

Muchos de estos principios y/o conceptos fueron desarrollados por Henry Ford a principios del siglo XX, con su sistema de producción en línea, aportó la estandarización de partes y los sistemas comunes de medición, utilizó operarios poco calificados en operaciones pequeñas y estableció el flujo del proceso (uno de los conceptos básicos de la Manufactura Esbelta). Las innovaciones de Henry Ford desarrollaron y revolucionaron la industria automotriz.

En los Estados Unidos surgió una empresa llamada General Motors, ofreciendo mayor variedad de modelos, sin embargo tampoco cambiaron su sistema de producción y empezaron a tener problemas como altos costos de inventario, máquinas muy especializadas, grandes desperdicios, espacios de planta y cambios de diseños costosos, etc. Estados Unidos se conservó en ese esquema hasta la segunda guerra mundial.

Terminada la segunda guerra mundial, Japón con pocos recursos, pero con grandes especialistas como William Edwards Deming, gurú de la calidad, Joseph M. Juran, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eiji Toyoda, entre otros, empezó a tener una nueva visión para competir en el mercado automotriz, producto de la posguerra, comenzando por la fabricación de pocos modelos utilizando recursos limitados y optimizando su sistema de producción.

Estados Unidos a finales de 1980 abrió sus fronteras y se concentró en el mercado mundial, al notar que Japón le estaba quitando el mercado en la industria automotriz surge el interés por saber que había hecho Japón que finalmente lo estaba haciendo

mejor que ellos. Fue esta la razón por la cual el instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), creó un grupo de tres personas: James Womack, Daniel Jones y Daniel Ross, quienes fueron enviados a Japón para estudiar la industria automotriz japonesa.

De su experiencia en Japón, publicaron un libro que se llamó *The machine that changed the World* (la maquina que cambio al mundo). Con esta obra el occidente se dio cuenta que había una manera diferente de hacer las cosas y los autores asignaron e introdujeron el concepto de *Lean Manufacturing* para referirse desde luego, al Sistema de Producción Toyota. "Creemos que las ideas fundamentales de Manufactura Esbelta son universales, aplicables por cualquier persona y muchas compañías no japonesas han aprendido esto" (Womack, Jones y Ross).

### **1.2.1 Sistema de Producción Toyota**

El Systema de Producción Toyota, como filosofía de trabajo, tiene sus orígenes en la industria textil y en particular en la invención de un telar automático cuyo objetivo es mejorar la vida de los operarios liberándolos de tareas repetitivas. Es un sistema integral de producción y gestión, surgió en la empresa japonesa del mismo nombre. El desarrollo del sistema se atribuye fundamentalmente a tres personas: el fundador de Toyota, Sakichi Toyoda, su hijo Kiichiro y el ingeniero Taiichi Ohno.

Es en esta época textil cuando nacen los conceptos de Jidoka (Autonomización) y Poka-yoke (a prueba de fallos), *just in time* (Justo a Tiempo) y muda (desperdicio), devienen a mediados de siglo lo que ha de llamarse *Toyota Production System* (Sistema de Producción Toyota). El sistema se consolidó con el tiempo y rindió frutos a los japoneses tanto en su territorio como en suelo americano.

Los motivos más sobresalientes por lo cual se inicio dicha revolución, fueron las limitaciones de espacio y la necesidad de atacar mercados más pequeños, con una mayor variedad de vehículos.

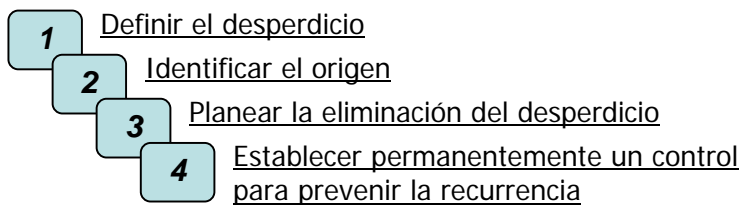
La lección de finales del siglo XX fue clara: "La producción debe obedecer a la eficiencia, a la eliminación de los procesos que no generen valor y al aprovechamiento de los espacios físicos".

### 1.3 Desperdicios

Muda es un término japonés que significa desperdicio y encierra el esfuerzo, los materiales y el tiempo, consumidos en actividades que no agregan valor a un proceso.

La Manufactura esbelta parte del principio de eliminar el desperdicio, el cual, se encuentra implícito en cualquier actividad, la idea que tiene este principio es la de reducirlo al mínimo o eliminarlo por completo.

La eliminación total del desperdicio se lleva a cabo a través de los siguientes pasos:



#### 1.3.1 Tipos de desperdicios

Como se mencionó anteriormente para eliminar el desperdicio primero debe definirse para luego ser identificado, una vez clasificado el desperdicio se prosigue a eliminarlos. Existen 7 tipos de mudas (desperdicios), según la clasificación desarrollada por Ohno (padre del *Just in Time*):

- 1.- Muda de Sobreproducción: es el resultado de producir basados en especulaciones. Consiste en producir más de lo que la demanda necesita, o producirlo antes de ser requerido con el fin directo o indirecto de almacenarlo.
- 2.- Muda de Inventario: es el material acumulado entre estaciones de trabajo debido a lotes muy grandes o ciclos de proceso largos.
- 3.- Muda de reparaciones o rechazo de productos defectuosos: es el desperdicio puro, ya que no agrega valor y agrega costos de producción por acciones correctivas, añade tiempo al proceso y retrasa todas las operaciones subsiguientes.

4.- Muda de movimiento: son los movimientos innecesarios de los trabajadores, generalmente ocasionados por una mala disposición de los materiales y herramientas necesarias para realizar el trabajo.

5.- Muda de procesamiento: son los procesos innecesarios que son el resultado de errores en etapas anteriores del proceso o por falta de análisis en las operaciones.

6.- Muda de espera: es la espera producto de la falta de material, de información o fallas en etapas anteriores.

7.- Muda de transporte: Es el movimiento de materiales en proceso debido a un layout pobre.



Fig.1.2 Tipos de desperdicios.



## 1.4 Principios del pensamiento esbelto

Los principios del pensamiento esbelto influyen en el uso eficiente de los recursos, la eliminación del desperdicio, el trabajo en equipo, la comunicación y la mejora continua.

El concepto de pensamiento esbelto (*Lean Thinking*) debe su nombre por ser una forma general de pensar y llevar a cabo algunas técnicas específicas que se enfocan a utilizar menos de todo, menor mano de obra en la fábrica, menor espacio para la producción, menor inversión en herramientas, menor cantidad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto, etc. Al mismo tiempo, al requerirse menos de la mitad del espacio destinado para el inventario, presenta un menor número de defectos y produce un gran crecimiento en la variedad de los productos. (Womack, Jones, 1991).

Los 5 principios del pensamiento esbelto son:

- 1.- Definir el valor desde el punto de vista del cliente: la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
- 2.- Identificar la corriente de valor: eliminar desperdicios identificando pasos que no agregan valor, algunos de estos son inevitables y se requiere reducirlos al máximo, otros son eliminados por completo.
- 3.- Crear flujo: hacer que todo el proceso fluya de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor final.
- 4.- Producir el "jale" del cliente: una vez realizado el flujo, se puede producir por órdenes del cliente para así dejar atrás, la producción basada en pronósticos de ventas a largo plazo.
- 5.- Perseguir la perfección: Una vez que una empresa consigue aplicar los primeros cuatro pasos, se vuelve claro que añadir eficiencia siempre es posible.

El Pensamiento Esbelto es más que una técnica, se trata de un régimen de relaciones humanas que implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo.

## **1.5 Principios de la Manufactura Esbelta**

### **1.5.1 Las 5's**

Las Cinco S's es una metodología utilizada desde los años 60's para arreglar el área de trabajo de modo que permita un control visual y una operación esbelta. Las cinco S's son términos denominados así por sus siglas en japonés y sirven fundamentalmente para aumentar la productividad en una organización.

Esta metodología ha sido implantada en miles de compañías e instituciones alrededor del mundo con resultados favorables, para completar acciones hacia la calidad total. A partir de la instrumentación de la metodología de las 5's en las empresas, se pueden implantar con mayor éxito, otros sistemas de calidad modernos, sobre todo aquellos relacionados con ISO-9000:2000.

El principal objetivo de las 5's es desarrollar un ambiente de trabajo agradable y eficiente, en un clima de seguridad, orden y limpieza, que permita el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando así los estándares de calidad de los servicios requeridos.

Con este método se obtienen los siguientes beneficios:

Seguridad:

- Mejora la seguridad del lugar de trabajo.
- El lugar de trabajo esta limpio y bien organizado.
- La operación de las oficinas, fábricas, industrias es fácil y segura.
- Disminuye el riesgo de cometer errores.
- Menos accidentes.

Calidad:

- Mayor velocidad de respuesta y mejora.
- Contribuye a desarrollar nuevos hábitos.
- Resultados visibles aumentando la generación de nuevas ideas.
- Mejora nuestra disposición en el trabajo.

- Facilita el trabajo.
- Mejora la imagen ante los clientes.

Eficiencia:

- Desarrolla el auto-control.
- Los resultados son visibles dentro y fuera de la empresa.
- Ayuda a reducir el desperdicio.
- Hace más rápido el trabajo, reduciendo las operaciones sin valor.
- Menos movimientos y traslados inútiles.

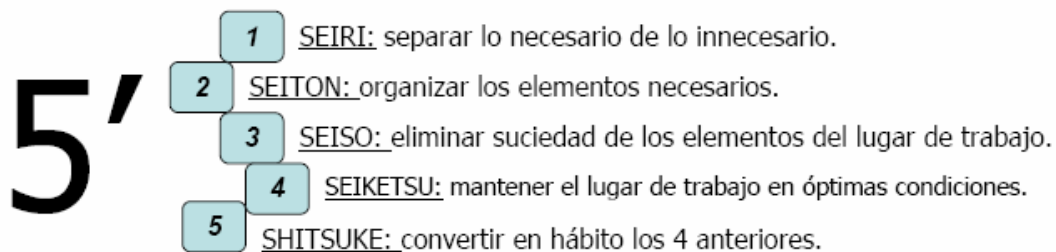


Fig. 1.3 5'S

### 1.- Seiri

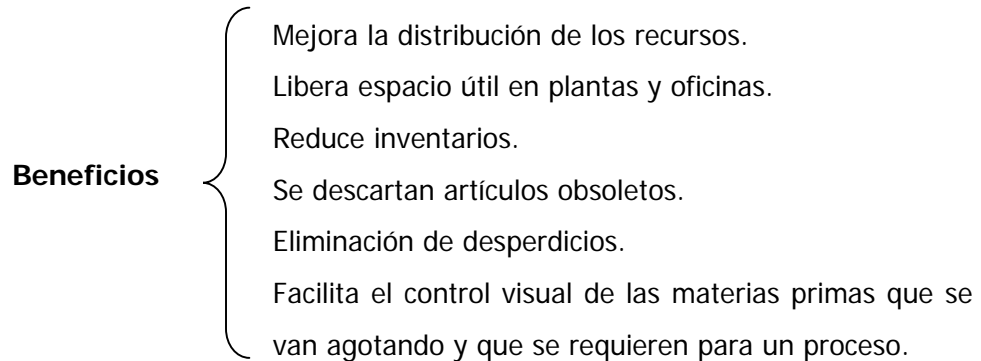
Significa separar las herramientas, materiales e instrucciones necesarias de los materiales que no son requeridos y que van a ser retirados posteriormente.

Procedimiento:

- Consiste en separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo cotidiano.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, su uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Eliminar la información innecesaria que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

- Mantener solo lo necesario, revisar el área de trabajo, definir un lugar donde poner temporalmente lo que no se necesita pero puede servir.
- Definir un lugar como centro de acopio o almacén general, para enviar lo que ya no se necesita e indicar la condición en que se encuentra dicho recurso.
- Una vez clasificado lo necesario, se selecciona por frecuencia de uso.

:



## 2.- Seiton

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios, colocarlos o distribuirlos en el lugar que le corresponde y mantener esa ubicación con adecuada disposición de las cosas, para que estén listas en el momento que se les requiera.

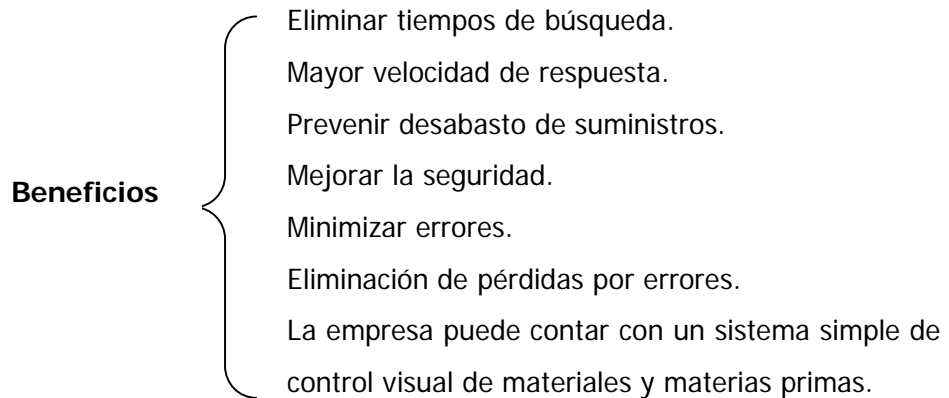
La organización permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina, para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Mejorar la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y la limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- Se libera espacio.

Clasificación de desechos por códigos y colores:

- Papel y Cartón (amarillo)
- Aluminio (gris)
- Plástico (rojo)

- Materia Orgánica (morado)
- Madera (rosa)
- Desecho sanitario (verde)



### 3.- Seiso

Significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos del lugar de trabajo.

La limpieza no solo consiste en mantener los equipos dentro de un estado agradable, exige la realización de un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación, para tomar acciones de raíz y lograr su eliminación, de lo contrario será imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo.

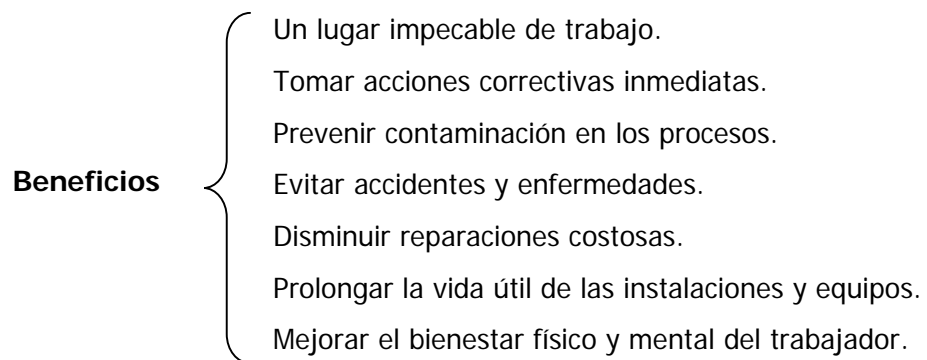
Consiste en:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo.

Un sitio sucio y desordenado es un lugar inseguro que puede provocar accidentes y llegar a afectar la calidad del producto y/o servicio.

Las tres etapas de la limpieza son:

- 1.- Área individual.
- 2.- Áreas comunes.
- 3.- Áreas difíciles.

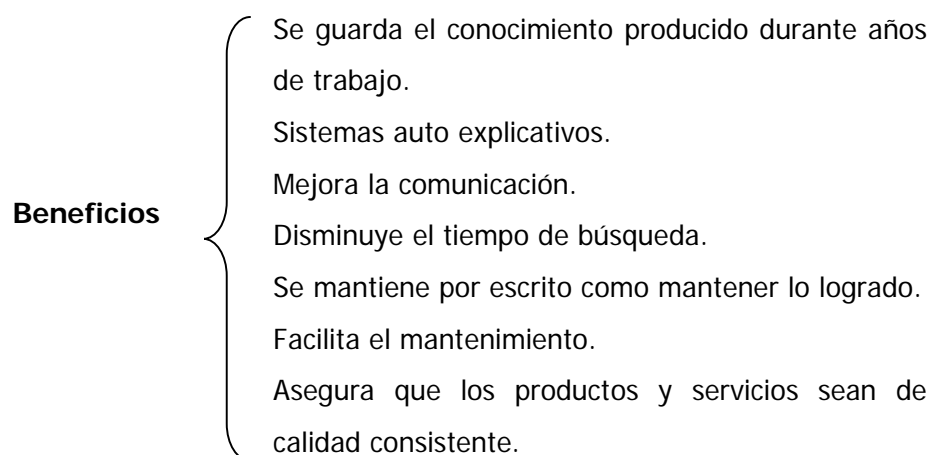


#### 4.- Seiketsu

Consiste en mantener el lugar de trabajo en óptimas condiciones. Si no existe un método para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada.

Consiste en:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S's.
- Enseñar al operario realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Auditar el empleo de los estándares para verificar su cumplimiento.
- Descripción de los controles visuales, etiquetas, códigos de colores, puntos de reorden, etc.
- Mantener lo logrado.



## 5.- Shitsuke

Consiste en convertir en hábito, el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo.

La autodisciplina implica:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Promover el hábito de auto controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Mejorar el respeto de su propio ser y el de los demás.

### Beneficios

Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos.

La autodisciplina ayuda a cambiar los hábitos.

El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y las normas.

La persona comprometida demuestra persistencia en el logro de sus fines.

El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

### 1.5.2 *Just in Time* (Justo a Tiempo)

Consiste en la reducción del desperdicio (actividades que no agregan valor). Existen muchas formas de reducir el desperdicio, pero el "*Just in Time*" se apoya en el control físico del material para ubicar el desperdicio y, finalmente, forzar su eliminación.

La idea básica del *Just in Time* es producir el producto en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en el proceso de manufactura y dentro de la línea de producción controlando de no sólo los niveles totales de inventario, sino el nivel de inventario entre las células de trabajo.

La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando un inventario se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo en la operación subsiguiente.

El material no se puede entregar a la línea de producción o la célula de trabajo a menos que se deje en la línea una cantidad igual. Esta señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta Kanban, o cualquier otra señal visible de reabastecimiento, las cuales indican que se han consumido un artículo y se necesita reabastecerlo.

En el capítulo 4 se habla de cómo Just in Time forma parte del éxito del sistema kanban.

### **1.5.3 Sistema *Pull***

Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido.

La orientación "*pull*" es acompañada por un sistema simple de información llamado *Kanban*. Así la necesidad de un inventario para el trabajo en proceso se ve reducida por el empalme ajustado de la etapa de fabricación. Esta reducción ayuda a sacar a la luz cualquier pérdida de tiempo o de material, el uso de refacciones defectuosas y la operación indebida del equipo.

El sistema Pull permite:

- Reducir el inventario.
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control.
- Minimiza el inventario en proceso.
- Maximiza la velocidad de retroalimentación.



- Minimiza el tiempo de entrega.
- Reduce el espacio.

#### **1.5.4 Control Visual**

Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y fácil de ser identificado. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales.

Un control visual se utiliza para informar sobre distintos puntos:

- Sitio donde se encuentran los elementos.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y productos defectuosos si existiesen.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Conexiones eléctricas.
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo.

#### **1.5.5 Kanban**

Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo.

Se basa en la manera de funcionar de los supermercados. El capítulo 3 de la presente investigación habla ampliamente del Sistema Kanban.

### **1.5.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Consiste en establecer un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallas, en todo el ciclo de vida del sistema productivo.

Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y administración. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, calidad de productos y servicios finales. Buscando:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.
- Cero accidentes.
- Cero defectos.

### **1.5.7 Dispositivos para prevenir errores (Poka Yoke)**

Consiste en un dispositivo que ayuda a prevenir los errores antes que sucedan o los hace obvios para que el trabajador los note y los corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten en el menor tiempo posible.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Posee dos funciones la primera es hacer la inspección del 100% de las partes producidas y la segunda consiste en que si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva.

En el capítulo 4 se hace mención de este sistema explicando como es parte fundamental de la implementación del sistema Kanban.

### 1.5.8 Indicador Visual (Andon)

Consiste en un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. Andon significa "ayuda" y es una herramienta usada para construir calidad en todos los procesos.

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema.

Una melodía se usa junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender hay un problema en su área. Una vez que el supervisor evalúa la situación, podrá corregir el problema.

Los colores usados son:

- **Rojo:** Máquina descompuesta
- **Azul:** Pieza defectuosa
- **Blanco :** Fin de lote de producción
- **Amarillo:** Esperando por cambio de modelo
- **Verde:** Falta de Material
- **No luz:** Sistema operando normalmente

### **1.5.9 Mejora continua (Kaizen)**

Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesarios.

Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca a la eliminación del desperdicio.

## **1.6 Conclusión**

La manufactura esbelta es mas que una metodología, más que aplicar unas herramientas, es una manera de pensar que implica un cambio cultural, una transformación integral en la manera de hacer las cosas, se necesita entrega, pasión, rectitud, un enfoque altamente eficiente al cliente, capacitación de los recursos humanos, así como alinear todo el entorno a la nueva cultura y visión de la mejora continua.

## **CAPÍTULO II CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS**

En la industria de la construcción, poco a poco se han ido implementando algunos conceptos propios de la manufactura con la finalidad de estandarizar los procesos y materiales.

En la búsqueda de una mejora, un grupo de personas, han adoptado los principios del pensamiento esbelto (*Lean Thinking*) para adaptarlas a la construcción. Este proceso de adopción ha dado lugar a una nueva corriente filosófica denominada Construcción sin Pérdidas (*Lean Construction*).

### **2.1 Introducción a la Construcción Sin Pérdidas.**

La construcción sin pérdidas se basa en la ideología de la administración de la producción. Dentro del desarrollo de esta filosofía, se han ido desarrollando dos corrientes principales que son las que han servido de base para las investigaciones y aplicaciones de la filosofía en proyectos de años recientes.

Una de ellas se enfoca a la construcción como una transformación, flujo y valor, en ella se profundiza la manera de como la construcción presenta una serie de transformaciones en su proceso, como mantiene un flujo constante de actividades y el valor que estas pueden o no agregar al proyecto.

Por otra parte la teoría del Último Planificador (*last planner*) se enfoca en el control del flujo de trabajo, eliminando la variabilidad y estabilizando los procesos dentro del la construcción.

## 2.2 Características de la Construcción

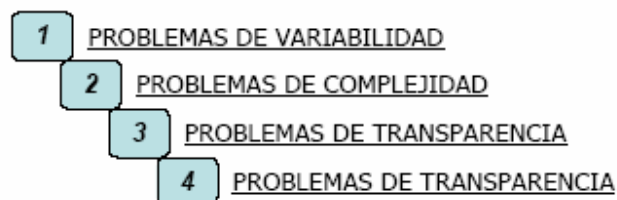
La industria de la construcción ha rechazado muchas ideas provenientes de la manufactura debido a la creencia que la construcción es diferente. La manufactura realiza partes que pertenecen a los proyectos, pero el diseño y la construcción de proyectos únicos y complejos en ambientes de alta incertidumbre y bajo una gran presión de tiempo se percibe como algo totalmente distinto que hacer latas y envases de metal.

Para poder clasificar a la industria de la construcción, existen cuatro características que la diferencian de las demás, sin embargo, algunos otros tipos de producción poseen una o varias de estas características. (Koskela, 1992)

1.- Posee proyectos de naturaleza única: el término naturaleza única, comprende la forma general del edificio o instalación, pero en si, las materias primas son las mismas al igual que las habilidades, desde el punto de vista de contratistas y de oficinas de diseño, existe continuidad y repetición: los proyectos y las tareas similares se repiten.

2.- La producción se realiza en el sitio: la producción en la construcción es tradicionalmente llevada a cabo en el sitio de la obra.

Existen algunos inconvenientes con respecto a la producción en el sitio los principales son:



3.- Posee multiorganizaciones temporales: la organización de un proyecto de construcción es usualmente una organización diseñada temporalmente y conformada especialmente para realizar un proyecto en particular. Está formado por diferentes

grupos de trabajadores que pueden o no, formar parte de una misma compañía e incluso no haber trabajado juntos con anterioridad, frecuentemente estas características son producto de políticas administrativas que buscan una ejecución secuencial y la subcontratación de algunas partes del proyecto en busca de un ahorro en costo.

4.- Cuenta con una intervención regulatoria: el diseño final así como algunas fases del proyecto de construcción están sujetos a la supervisión y aprobación de las autoridades regulatorias.



## 2.3 El flujo en los procesos de construcción

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos. El modelo de proceso de producción según los principios de Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) se basa en la consideración de los flujos de un proceso como las actividades de conversión, permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo. (Bernardes, 2001)

El impacto sobre éstos tiene una influencia muy superior en el proceso de producción entero, en comparación a los procesos de conversión, que sólo representan entre un 3% a un 20% de los pasos que agregan valor. (Serpell, A & Alarcón, L.F 2000)

### 2.3.1 Mediciones

La medición de datos se requiere por dos motivos: el primero para conducir el mejoramiento interno de la organización y el segundo para comparar los datos obtenidos de los indicadores escogidos. Para las organizaciones implicadas en la construcción el primer motivo es el principal, mientras que para el cliente final el segundo es el más importante.

Los indicadores más importantes enfocados en los flujos, según la visión de la Construcción sin Pérdidas son:

- Pérdidas: Cantidad de defectos, adaptaciones, número de errores de diseño, la cantidad de órdenes de cambio, gastos en seguridad, el exceso de materiales y el porcentaje de tiempo que no agrega valor al ciclo total.
- Valor: El valor se define como el grado de satisfacción del cliente final, es decir, que todos sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes.
- Tiempo de Ciclos: Los tiempos del ciclo principal y de sus subprocesos son uno de los indicadores más importantes.
- Variabilidad: Es la desviación de lo planificado que representa la "variabilidad". Ausencia de variabilidad significa producción confiable.

Los indicadores de desempeño se clasifican en tres categorías: Por resultados, por procesos y por variables. Estos indicadores deben cumplir los siguientes requisitos:

- Especificidad: Deben estar relacionados con aspectos, etapas y resultados claves del proyecto o del proceso.
- Simplicidad: Deben ser de fácil aplicación, comprensión y medición.
- Bajo costo: El costo de la medición debe ser significativamente menor que el ahorro potencial.
- Representatividad: Debe dar información veraz y confiable del proceso evaluado.

Existen varios problemas que se presentan en el desarrollo de las mediciones en la construcción, entre ellos se encuentran:

- El carácter de único de cada proyecto, mientras más complejo es un proyecto más difícil es comparar los resultados con los obtenidos en otros proyectos (índices de productividad, rendimientos, etc.)
- La dificultad de tomar datos en terreno.
- La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.
- La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

### **2.3.2 Problemas de flujo causados por conceptos directivos convencionales**

La Construcción sin Pérdidas acepta los criterios de diseño del sistema de producción desarrollados por Ohno como un estándar de perfección. ¿Pero cómo podemos aplicar el Sistema Toyota en la construcción? La industria de la construcción ha rechazado muchas ideas de la industria automotriz y manufacturera debido a la creencia que la construcción es diferente. En un sentido logístico, en la industria de la construcción existe una fuerte interdependencia entre proveedor-constructor-cliente, incluidos los clientes internos, tal como en la industria manufacturera. En este contexto la construcción debe ser gerenciada de la misma manera.

El primer objetivo de la Construcción sin Pérdidas es entender "la física" de la producción en la Construcción, los efectos de dependencia y la variabilidad a lo largo de las cadenas de actividades y el suministro de éstas.

La física de la construcción no se refiere al concepto típico usado en la educación de la construcción, asociado al comportamiento de los materiales. Se refiere a la ciencia que describe los movimientos de las unidades de producción a través del proceso de construcción de la obra.

Las críticas de los conceptos directivos convencionales pueden ser estructuradas en tres grupos:

- a) Método secuencial de realización de proyectos: durante la planificación, la totalidad de las tareas son ordenadas en forma secuencial, las cuales son asignadas a diferentes especialistas para su completa ejecución, no existiendo una visión global de la interacción entre ellas.
- b) Carencia de consideraciones de calidad: en el enfoque administrativo tradicional, no se efectúa un esfuerzo especial por eliminar fallas, errores, omisiones, etc, y se piensa que existe un nivel óptimo de calidad pues son eliminados en controles posteriores. (Koskela 1992)
- c) Controles segmentados: en el enfoque tradicional, se controlan sólo las partes componentes de los procesos, en vez de inspeccionarlos en su totalidad. En la mayoría de la ocasiones la razón de esta situación recae sobre la estructura jerárquica de la organización. (Koskela 1992)

Además de estos conceptos genéricos, la mala utilización del CPM (el método de la ruta crítica) es la cuarta fuente de problema específico en la construcción. El problema de la Planificación tradicional es que, planificamos como si todas las actividades se fueran a cumplir, por lo que la productividad colapsa en cadena, cuando alguna de las actividades claves no se cumplen.

En el siguiente punto de esta investigación se presentan los principios de la Construcción sin Pérdidas como una solución a estos problemas.

## 2.4 Principios de la Construcción sin Pérdidas

Este nuevo modelo conceptual es una síntesis de varios modelos sugeridos en diferentes campos de investigación en una base teórica común, como el pensamiento *Just in Time* (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. El nuevo modelo de producción puede ser definido de la siguiente forma:

La producción es un flujo de materiales o información desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo, se producen inspecciones, esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente.

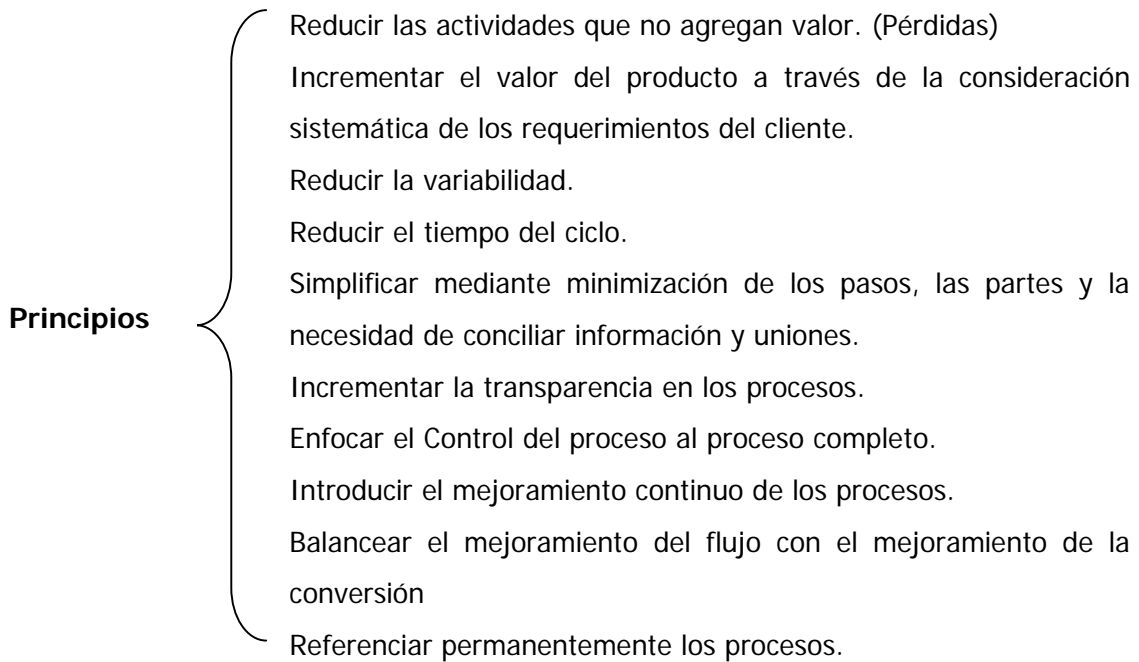
Este proceso de actividades representa la visión de conversión de producción; la inspección, el movimiento y la espera representa el aspecto de flujo de producción.

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; el nivel de tecnología, las habilidades, la motivación, etc. de las actividades de conversión realizadas, así como la cantidad y la eficacia de las actividades de flujo por las cuales las actividades de conversión se entrelazan entre sí.

La primera visión convencional está enfocada a mejorar la eficiencia del proceso completo, olvidando cada uno de los subprocesos intermedios, buscando la reducción del costo y del plazo total.

La segunda visión de calidad, apunta a reducir la mala calidad del producto terminado, mediante una serie de controles intermedios y posteriores a la producción.

La visión de la Construcción sin Pérdidas se concentra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor. La nueva filosofía de producción propone lo siguiente:



#### **2.4.1 Reducción de las actividades que no agregan valor**

La experiencia muestra que las actividades que no agregan valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo general sólo del 3 al 20 % de pasos añaden valor, su parte de tiempo del ciclo total es insignificante, de 0.5 al 5 %. (Stalk & Hout 1990).

Para la aplicación de este principio debemos realizar un diagrama de flujo de lo que se está haciendo actualmente, analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, para después realizar un entrenamiento al personal para aplicar el sistema mejorado.

#### **2.4.2 Incremento del valor del producto**

El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno

y el cliente externo o final. El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa.

El sistema *Last Planner* propone mejores planes intermedios, en donde los clientes internos o sea las actividades siguientes, son planificados a través de una consideración sistemática de sus requerimientos.

### **2.4.3 Reducción de la variabilidad**

Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. El primero consiste en que un producto uniforme siempre es mejor desde el punto de vista del cliente. Taguchi propone que cualquier desviación de un valor objetivo en el producto causa una pérdida al cliente interno y externo.

En el segundo, la variabilidad especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Esto puede ser demostrado por la teoría de colas, donde la variabilidad aumenta el tiempo del ciclo del proceso.

Recordemos que la desviación de lo planificado representa lo que se ha denominado "variabilidad" y la ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable.

### **2.4.4 Reducción del tiempo de ciclo**

El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos.

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas.

En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas.

**Ventajas** {

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

Algunos ejemplos prácticos de la reducción de tiempos de ciclo son los siguientes:

- La eliminación de los movimientos entre procesos con el objetivo de reducir tiempos de espera y el tiempo del ciclo.
- Cambiar la disposición de planta con el fin de reducir las distancias al mínimo.
- Cuidar el movimiento de los elementos.
- Identificar las actividades que se podrían cambiar de orden secuencial a orden paralelo.

Uno de los requisitos más importantes para la reducción del tiempo del ciclo, es el mejoramiento para la toma de datos en el terreno.

#### **2.4.5 Simplificación mediante minimización de los pasos**

Si no intervienen otros factores, la complejidad misma de un producto o del proceso aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales o pasos.

La división vertical y horizontal de trabajo siempre causa actividades que no agregan valor, que pueden ser eliminadas por unidades independientes (equipos multidisciplinarios y autónomos).

Los esfuerzos prácticos hacia la simplificación incluyen:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información.

#### **2.4.6 Incremento de la transparencia en los procesos.**

La carencia de transparencia del proceso aumenta la probabilidad de cometer errores, reduce la visibilidad de éstos, y disminuye la motivación para mejorarlos. El objetivo principal es hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados (Stalk & Hout 1989).

Algunos esfuerzos prácticos para mejorar la transparencia son:

- Hacer los procesos directamente observables a través de planos en planta apropiados.
- Incorporar la información de los procesos en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.

#### **2.4.7 Enfoque del Control del proceso al proceso completo**

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser realizadas las cosas, provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo.



Hay al menos dos requisitos previos para el Control enfocado sobre el proceso completo. Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. En organizaciones jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos.

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental elegir los proveedores y subcontratistas de acuerdo con el compromiso con la obra completa y no sólo con el pedido individual.

#### **2.4.8 Introducción del mejoramiento continuo en los procesos.**

Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor. El trabajo en equipo y la gestión participativa constituye los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos.

La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

## **2.5 Principios utilizadas en la Construcción Sin Pérdidas**

Para el desarrollo de la filosofía de la Construcción sin Pérdidas se han tomado los mejores aspectos de las diferentes prácticas de mejora que se utilizan en la industria de la manufactura, esto con la finalidad de crear una filosofía que tenga la flexibilidad para ser implementada en los procesos constructivos que a diferencia de los procesos de manufactura poseen la característica de que cada proyecto es diferente, aún cuando se pueda llevar a cabo un mismo modelo, también existen algunos aspectos como el sitio y la ubicación de la obra los cuales influyen de manera importante en la concepción y el desarrollo del mismo.

En esta sección se hace la descripción de las herramientas que originalmente se usaron en la industria manufacturera y que posteriormente se ajustaron a las condiciones de la industria de la construcción, a continuación se mencionan algunas de ellas.

### **2.5.1 Justo a Tiempo (JIT)**

En el capítulo anterior se mencionó sobre los principios de esta técnica aplicada a la manufactura, para el caso de la construcción se rige por los siguientes aspectos:

1. Organización del programa: Crea un plan que involucre a los otros siete componentes en un conjunto donde cada uno representa una faceta de la "esmeralda" del JIT.
2. Calidad: Elimina los defectos mediante la identificación y remoción de los existentes, y previene los defectos antes de que ocurran.
3. Producción Simplificada: Consiste en un programa mediante el cual se convierten las actividades individuales en aspectos de un flujo continuo que es sincronizado hacia la demanda del producto final.
4. Flujo orientado al proceso: Convierte los esquemas de funcionamiento orientados en una serie de procesos, basados en las familias de producción.

Las familias de productos son definidas como grupos de partes que utilizan los mismos recursos en su producción.

5. Tecnología avanzada de procuración: En el área de procuración, la nueva tecnología involucra el entendimiento de que el proveedor es una extensión de la propia compañía. El objetivo es tratar solamente con proveedores del tipo JIT.
6. Métodos de diseño mejorados: Es la aplicación de técnicas del JIT para eliminar las actividades que no agregan valor en el proceso de diseño con el fin de incrementar la calidad.
7. Funciones de soporte reforzadas: Busca eliminar los desperdicios con técnicas de análisis del valor agregado al producto.
8. Implicación de empleados: Implementa equipos de trabajo encargados de solucionar problemas que se presenten, acompañado de un comité guía que los ayude a enfocar sus esfuerzos. Los grupos de trabajo son entrenados para la utilización de técnicas efectivas para la solución de problemas, análisis de costo-beneficio y trabajar efectivamente como un grupo.

### **2.5.2 Administración de la Calidad Total**

Se basa en el compromiso a largo plazo de la organización, con la mejora continua de la calidad en sus procesos con el objetivo de cumplir y mejorar las expectativas de sus clientes. (Sashkin, 1993)

La administración de la calidad total se basa en dos principios fundamentales:

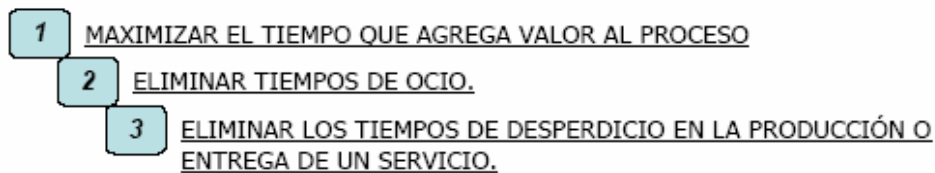
- 1 SATISFACER LAS NECESIDADES DEL CLIENTE.
- 2 IMPLEMENTAR LA MEJORA CONTINUA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

Para la implementación de la calidad total se requiere de un cuidadoso análisis de las necesidades de los clientes, una evaluación del grado en que esas necesidades son satisfechas y un plan para llenar el posible vacío entre la situación imperante y la deseable.

### 2.5.3 Competición Basada en el Tiempo

Esta técnica es una complementación de la filosofía justo a tiempo dentro de cada fase del ciclo de entrega de valor, desde la investigación y desarrollo hasta la mercadotecnia y distribución, el objetivo principal es reducir el tiempo en todas las fases del proceso de producción mediante la reducción de tiempos de organización, producción en cantidades pequeñas y el trabajo en coordinación con los proveedores.

Los objetivos de la competición basada en el tiempo son:



Sin embargo, para lograr lo anterior, las organizaciones deben adoptar las siguientes estrategias:

- Definición de la utilización y consumo del tiempo como el parámetro estratégico crítico de la administración, es decir, medir los resultados y la productividad en unidades de tiempo.
- Utilizar los tiempos de respuesta como una herramienta para permanecer en contacto con sus clientes, creando así una dependencia de los mismo hacia la organización.
- Dirigir sus esfuerzos a los clientes más atractivos y dejar a sus competidores los clientes menos atractivos.
- Ser líderes en la introducción de innovaciones en el mercado que se traducen en ventajas competitivas. (Stalk, 1990).

#### 2.5.4 Ingeniería Concurrente

Se define como el proceso integrado del desarrollo de un producto nuevo buscando que los departamentos participantes en la toma de decisiones en las fases iniciales del proyecto tengan en cuenta los requerimientos que repercutirán en las áreas que intervendrán mas tarde en el proyecto, tanto internas como externas.

La ingeniería concurrente es una filosofía basada en sistemas informáticos, su aportación fundamental consiste en una evolucionada forma de tratar la información disponible.

#### Principales ventajas

- Mayor velocidad del proyecto.
- Más flexibilidad.
- Adopción de nuevas perspectivas estratégicas.
- Mayor sensibilidad a los cambios en el mercado.
- Orientación a resolver problemas en grupo.
- Desarrollo de habilidades diversificadas.
- Mejor comunicación interna.

#### 2.5.5 Reingeniería

El concepto de Reingeniería es un concepto que busca empezar de cero, reinventar. La reingeniería se centra en mejorar una organización de servicio en todas sus dimensiones.

La definición formal es: "La revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez". Esta definición contiene cuatro palabras fundamentales (Hammer,1993):

Este concepto surgió durante la década de los 80`s en Estados Unidos como resultado de la ineficacia de los sistemas administrativos tradicionales cuyos fundamentos se basaban en las teorías de Adam Smith.

### **2.5.6 Administración Basada en el Valor**

La administración basada en el valor es un sistema de control administrativo el cual mide, alienta y soporta la creación de una red de trabajo. Consiste en una nueva forma de administrar, enfocándose en la creación de valor real. El valor real es creado cuando una compañía dispone de retornos que compensan de una nueva forma total a los inversionistas por los costos totales involucrados en la inversión, mas una prima que compensa los riesgos adicionales incurridos. (Ameels, 2002)

La Administración Basada en el Valor es un proceso continuo, el cual inicia con una planeación estratégica para obtener una ventaja competitiva, la cual, produce un crecimiento superior en términos económicos y retornos para los inversionistas.

### **2.5.7 Administración visual**

La administración visual es una herramienta que se basa en el control visual de la producción, calidad y lugar de trabajo de una organización, mediante sistemas visuales diseñados especialmente para compartir información mediante el sentido visual, sin la necesidad de decir alguna palabra.

El principio fundamental de la Administración Visual es la prevención de la ocurrencia de errores a través de controles visuales, es decir, el establecimiento de medidas de respuesta rápida y de prevención de recurrencia que detengan con eficacia la generación de defectos y los resultados mediocres antes de que tengan oportunidad de producirse. (Igarashi, 1993)

### **2.5.8 Mantenimiento Total Productivo**

Consiste en un grupo de actividades que buscan una implicación total de los empleados, enfocadas principalmente al departamento de producción, mantenimiento e ingeniería de planta, con la finalidad de maximizar la productividad.

Es una estrategia adoptada por todo el personal que está involucrado directamente con la manufactura para alcanzar cero accidentes, cero defectos y cero averías. (Tajiri, 1992)

El Mantenimiento Total Productivo consiste en seis actividades mayores:

1. Eliminación de las pérdidas, basándose en equipos de proyecto organizados por los departamentos de producción, mantenimiento e ingeniería.
2. Mantenimiento planeado, realizado por el departamento de mantenimiento.
3. Mantenimiento autónomo, realizado por el departamento de producción.
4. ingeniería productiva, realizado principalmente por el departamento de ingeniería de planta.
5. Diseño de productos fácil de fabricar, realizado por el departamento de diseño de productos.
6. Educación, que consiste en apoyar las actividades anteriores.

### **2.5.9 Integración de los Empleados**

Consiste en un grupo de personas que se reúnen periódicamente para analizar y resolver problemas relacionados con la calidad y algunos otros dentro de su área de trabajo.

El grupo debe estar formado por gente que se desempeña en la misma área o realicen trabajos similares, de tal manera que los problemas que sean seleccionados resulten familiares para todos los miembros del equipo. (Dejar, 1991)

### **2.5.10 Grupos Multifuncionales de Trabajo**

Las fuerzas de trabajo son mecanismos que se dirigen hacia los problemas y toman decisiones que tienen implicaciones multifuncionales. Para ser efectiva la fuerza de trabajo debe de estar caracterizada por los siguientes aspectos: (Bounds, 1994)

- Los miembros deben ser representantes conocedores de las necesidades de su organización funcional.
- Los miembros deben estar en posición de hablar con autoridad en nombre de su organización funcional.
- Los miembros deben de tener las habilidades necesarias para tomar decisiones basándose en la información y experiencia.
- La actividad de la fuerza de trabajo debe de ser una obligación de trabajo substancial para solamente unos cuantos miembros, mientras que la mayoría restante debe de estar más enfocada en las obligaciones de sus departamentos.
- Las asignaciones para la fuerza de trabajo deben de ser vistas como un signo de alto valor como empleado, con el reconocimiento de la participación y la actividad recompensada.

### **2.5.11 Kaizen**

Kaizen significa mejora, la aplicación de mejora les corresponde a todos los miembros de la organización desde la gerencia hasta los trabajadores. La filosofía Kaizen parte de la idea que todo lo que nos rodea en nuestra vida laboral y privada es susceptible de mejora y bien vale la pena intentarlo.

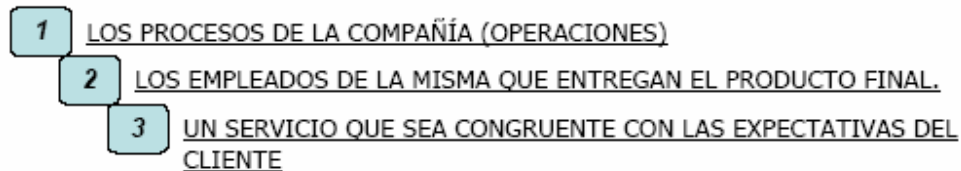
La estrategia de Kaizen exige prestar atención por igual al proceso y al resultado. Debe establecerse un sistema que reconozca y recompense los esfuerzos de los trabajadores y de la gerencia y no se confunda con el reconocimiento de los resultados.



### 2.5.12 Orientación al Cliente

Adicionalmente a la mejora continua de los procesos internos de la organización, las empresas tienden a enfocar su atención al mercado y hacia los clientes, reorientando su estrategia para proveer productos de mayor valor para el cliente; los siguientes puntos apoyan este enfoque de la administración.

- Historias de éxito publicadas por empresas que se administran de esta forma.
- El análisis del impacto de las utilidades en la estrategia de mercado, en donde se muestra la relación directa entre la calidad, la participación de mercado y el margen de utilidad.
- Estudios que han descubierto una relación positiva entre la orientación de mercado y el desempeño de la organización.
- Análisis de costos que demuestran que la retención del cliente es menos costosa que adquirir nuevos clientes.
- Desde el punto de vista de la compañía, la satisfacción del cliente es el resultado de un sistema de tres partes:



## **2.6 Conclusión**

La Construcción sin Pérdidas nace como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera. La nueva filosofía de producción ha demostrado que las nuevas técnicas, difundidas ampliamente en la industria automotriz, podían ser implementadas de forma exitosa en la industria de la construcción.

## CAPÍTULO III KANBAN

El presente capítulo habla particularmente sobre Kanban, su origen, objetivos, beneficios, reglas, limitaciones, etc. El objetivo principal es mostrar como en teoría, el sistema Kanban ha funcionado en la manufactura.

### 3.1 Origen

Hasta inicios de la década de los 50, muchas empresas japonesas realizaban pronósticos sobre la demanda y según los resultados colocaban los productos. En muchas ocasiones producían más de lo exigido por los consumidores. El mercado no era capaz de consumir tales cantidades y la clientela no se sentía satisfecha, puesto que sus gustos y preferencias no eran tomados en cuenta.

Para hacer frente a este problema, ingenieros japoneses hicieron un viaje de estudio en los Estados Unidos, allí observaron la forma de funcionar de los supermercados y descubrieron dos sucesos que les parecieron importantes:

- 1 Las secciones del supermercado presentan una capacidad limitada de productos, puesta a disposición de los clientes.
- 2 Cuando estos productos alcanzan un nivel mínimo, el responsable de la sección saca los productos del almacén y repone la cantidad que ha sido consumida.

Los japoneses interpretaron el hecho de que una sección de productos esté vacía como una orden de reposición de productos. Esto despertó en ellos la idea de una tarjeta o etiqueta de instrucción en la cual se muestre la tarea a efectuar; posteriormente, la idea de una nueva técnica de producción, una producción a flujo tenso, en la cual un producto es enviado hacia un puesto de trabajo sólo cuando la orden ha sido emitida por este puesto de trabajo.

El objetivo principal sería satisfacer la demanda real del público consumidor, minimizar los tiempos de entrega, la cantidad de mercancías almacenadas y los costos. Permitir

que sea el mercado quien "jale" las ventas: Que sea el pedido el que ponga en marcha la producción y no la producción quien tenga que buscar un comprador.

Esta técnica se desarrolló muy rápidamente en Japón, específicamente en la empresa TOYOTA y comenzó a funcionar con éxito desde 1958. La generalización de esta idea al sistema de producción devendría en el sistema Kanban.

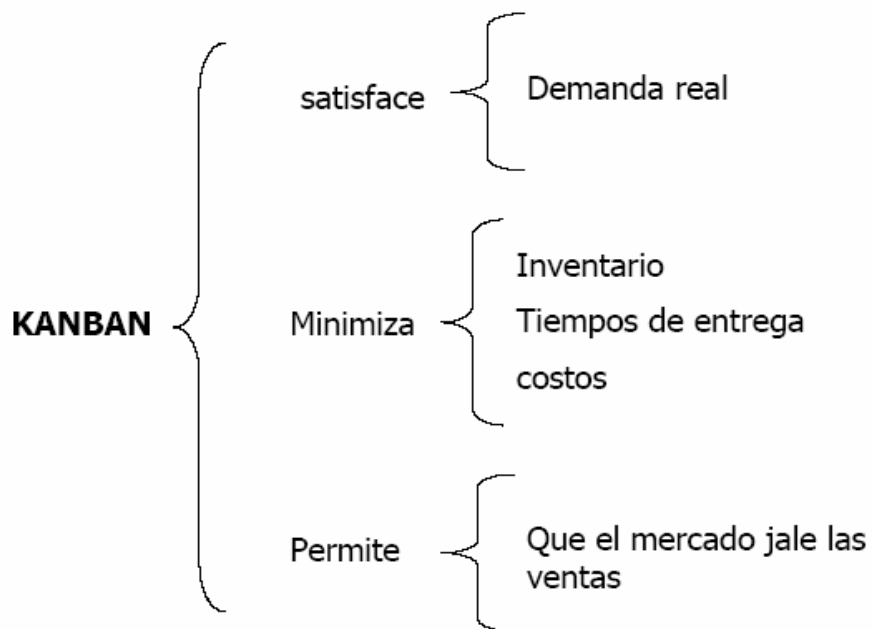


Fig.3.1 Objetivos principales de Kanban.

## **3.2 Introducción al Kanban**

Kanban es un término japonés, se traduce como etiqueta de instrucción. Sin embargo, en la práctica, Kanban no se limita a una etiqueta. Esta tarjeta no serviría de mucho si no se aplica de acuerdo a ciertos principios y reglas.

En su libro Gemba Kaizen<sup>1</sup>, el Dr Imai, define Kanban como una herramienta de comunicación para la producción por lotes en el sistema de justo a tiempo. Se agrega un Kanban, que significa cartón de señales en japonés, a un determinado número de partes o productos en la línea de producción, dando instrucciones de la entrega de una determinada cantidad. Cuando todas las partes han sido utilizadas el Kanban se devuelve a su origen, en donde se convierte en una orden para producir más.

### **3.2.1 Kanban como sistema físico**

Es una tarjeta que contiene toda la información requerida para ser fabricado un producto en cada etapa de su proceso productivo. Generalmente se presenta bajo la forma de un rectángulo de cartón plastificado de pequeño tamaño que va adherido a un contenedor de los productos de los cuales ofrece información. La función principal de Kanban es ser una orden de trabajo la cual debe cumplirse.

Una tarjeta Kanban contiene información que varía según la empresa, éstas deben contener:

- Nombre y/o código del puesto o máquina de que procesará el material requerido.
- Iniciales o código del encargado de procesar.
- Nombre y/o código del material procesado o por procesar.
- Cantidad requerida de ese material (resaltada o en letra más grande).
- Destino del material requerido.
- Capacidad del contenedor de los materiales requeridos.
- Momento en el que fue procesado el material.

---

<sup>1</sup> Como implementar el Kaizen en el Sitio de Trabajo (Gemba); Masaaki Imai, Mc Graw Hill, 1998.

- Momento en el que debe ser entregado al proceso subsiguiente.
- Número de turno.
- Número del lugar de almacén principal.
- Estado del material procesado.

Puede añadirse o restarse información, lo importante es que ésta debe satisfacer las necesidades de cada proceso productivo.

### **Objetivos:**

En cuanto a producción:

- Dar instrucciones basadas en las condiciones actuales del área de trabajo.
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo y tiempo innecesario.

En cuanto a flujo de materiales:

- Prioridad en la producción, el Kanban con más importancia se pone primero que los demás.
- Comunicación más fluida.

### **Para alcanzar estos objetivos, se hace uso de tres tipos de Kanban:**

1.- Kanban de señal: Es el primer Kanban a utilizar y sirve como una autorización al último puesto de procesamiento para que ordene a los puestos anteriores a empezar a procesar los materiales.

2.- Kanban de producción: Indica la cantidad a producir por el proceso anterior. Cuando no puede ser colocada cerca al material, debe ser colgada cerca del puesto donde este material es procesado.

3.- Kanban de transporte: Indica la cantidad a recoger por el proceso posterior y se utiliza cuando se traslada un material ya procesado, de un puesto a otro. Va adherida al contenedor.

### **3.2.2 Kanban como sistema abstracto**

KANBAN es un sistema innovador de contenedores, tarjetas, y señales electrónicas, que controla un sistema de producción conocido como JIT.

#### **Funciones**

- Control de la Producción.
- Reducción de los niveles de inventario
- Eliminación de la sobreproducción.
- Mejora Continua de Procesos.
- Minimización de desperdicios.

#### **Objetivos**

- Minimizar el tiempo de entrega.
- Identificar y reducir cuellos de botella.
- Facilitar en flujo constante de materiales.
- Desarrollo de un Sistema *Just In Time*.

### 3.3 Pre-requisitos de Kanban

Antes de implementar Kanban es necesario conocer los requisitos que este sistema necesita para su implementación:

- Desarrollar un sistema de producción mixta (producir diferentes modelos de productos en una misma línea de producción) y no fabricar grandes cantidades de un solo modelo. Tener en cuenta que este sistema sólo puede aplicarse en empresas que impliquen producción continua.
- Mantener constante la velocidad de proceso de cada pieza.
- Minimizar los tiempos de transporte entre los procesos.
- La existencia de contenedores y otros elementos en la línea de producción, tanto al principio como al final de un proceso, que servirán para almacenar las piezas y transportarlas desde el final de un proceso hasta el principio de otro y viceversa.
- Establecer una ruta de Kanban que refleje el flujo de materiales, es decir, designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales.
- Tener buena comunicación, desde el departamento de ventas hasta producción, especialmente para aquellos artículos cíclicos a temporada que requieren mucha producción, de modo que se avise con bastante anticipo. El personal encargado de producción, control de producción y compras; debe comprender cómo este sistema va a facilitar su trabajo y mejorar su eficiencia mediante la reducción de una supervisión directa.
- El sistema Kanban deberá ser actualizado y mejorado constantemente.



### **3.4 Implementación de KANBAN**

Para implementar Kanban se pueden considerar las siguientes cuatro fases:

(Antonieta Lo Russo Santero, 2007)

Fase 1: entrenar a todo el personal en los principios de Kanban y los beneficios de usar este sistema.

Fase 2: Implementar Kanban en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y resaltar los problemas escondidos.

Fase 3: implementar Kanban en el resto de los componentes.

Fase 4: Revisar el sistema Kanban, los puntos y niveles de reorden.

#### **Fase 1: Entrenamiento de personal**

Es necesario que el personal involucrado sea entrenado para que conozca y comprenda los principios del sistema Kanban y los beneficios que se obtendrán al hacer uso de él. Las características de este Sistema de Producción requieren de trabajadores multifuncionales con capacidades para trabajar en equipo y fuertemente comprometidos con la empresa de tal forma que colaboren para su mejora.

En la selección de los trabajadores generalmente los jefes de operaciones, gestión de pedidos y personal de mantenimiento, se da mayor importancia a la capacidad que estos tengan para integrarse en la dinámica más que en la formación que estos llegaran a tener ya que en muchos casos es proporcionada por la propia empresa.

El número de categorías laborales en las empresas orientales es considerablemente menor. Cada gran empresa posee un propio sindicato, lo que facilita los acuerdos con los trabajadores. La comunicación vertical es más sencilla puesto que en los organigramas existen menos niveles y los propios directivos están más acostumbrados a pisar las plantas de trabajo.

Finalmente, es destacable la rotación de ingenieros, directivos y personal clave por diferentes departamentos o plantas con el fin de intercambiar mejoras y fomentar la polivalencia de los empleados.

## **Fase 2: Implementación en componentes con más problemas.**

Las plantas japonesas establecidas en occidente han sido vistas como los embajadores de la producción JIT que han probado la adaptabilidad del sistema a occidente.

Los éxitos de plantas tales como Nummi en los Estados Unidos, establecida conjuntamente por Toyota y General Motors pero fundamentalmente bajo control japonés, son utilizados como ejemplos en contra de aquellos que alegan la existencia de fuertes barreras culturales a la implementación de JIT fuera de Japón.

Es claro que los sistemas JIT (Just in Time) implantados por empresas japonesas en occidente han rendido importantes resultados pero no han alcanzado los mismos niveles que sus filiales en Japón.

Es difícil encontrar en la literatura ejemplos de plantas funcionando igual que en Japón. Dado que se cuenta con la experiencia de directivos formados en plantas similares de este país, parece no haber problema en cuanto a la implantación de técnicas productivas.

Las principales diferencias se encuentran en el área de recursos humanos y relaciones con proveedores.

De esto se que concluye, que lo más adecuado en la implementación de Kanban es empezar por aquellas zonas con más problemas, para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la Línea de Producción.

### **Fase 3: Implementar KANBAN en los componentes restantes.**

Se considera que las diferencias en la gestión de recursos humanos entre plantas japonesas dentro y fuera de Japón dependen fundamentalmente de dos factores: el tamaño de la compañía y el tipo de trabajador.

Las diferencias sectoriales han sido también subrayadas en algunos trabajos. Por ejemplo, se destaca que, mientras en la industria del automóvil se ha intentado adaptar en mayor o menor medida prácticas japonesas, el sector de componentes y productos electrónicos se ha limitado a aceptar las prácticas laborales locales.

Una de las principales barreras encontradas no es precisamente la actitud de los trabajadores de planta, sino la mentalidad, formación y costumbres de los directivos contratados localmente.

Es por esto, que las grandes empresas están optando por contratar recién egresados y formarlos temporalmente en Japón. La negociación con los sindicatos es un paso fundamental para la introducción de nuevas prácticas laborales y es, en muchos de los casos, la principal barrera.

Los principales problemas tienen lugar en los países más desarrollados, donde los sindicatos han adquirido mayor poder e importancia. En países en vías de industrialización es frecuente la concesión de derechos y privilegios a plantas japonesas que les permiten evitar presencia sindical.

Desde una perspectiva más sociológica, la mentalidad de los trabajadores japoneses y la particular cultura japonesa "wa" (armonía) basada en la cooperación, trabajo en equipo y respeto a la antigüedad, ha sido considerada por algunos autores un factor fundamental para el éxito de JIT.

No es suficiente una transformación organizativa, es necesario un cambio cultural importante. La existencia de este tipo de cultura permite que se tomen en cuenta las

opiniones de todos los operadores; ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va a estar trabajando en su área.

#### **Fase 4: Revisión del sistema KANBAN**

Consiste en la revisión de este sistema, los puntos y niveles de reorden, los niveles de inventario y los tiempos de pedido entre un proceso y otro.

Es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de KANBAN:

- 1 Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- 2 Si se encuentra algún problema, notificar al supervisor inmediatamente.

### **3.5 Reglas de KANBAN**

Después de haber estudiado y clasificado el desperdicio, Toyota pudo establecer las siguientes reglas.

#### **Regla 1: No se debe mandar material defectuoso a los procesos subsecuentes.**

El procesamiento de materiales defectuosos implica costos tales como inversión en materiales, equipo y mano de obra, que no va a poder ser vendida. Este es el mayor desperdicio de todos. Si se encuentra un defecto, se deben tomar medidas, para prevenir que este no vuelva a ocurrir.

Observaciones:

- El proceso que ha producido un producto defectuoso, lo puede descubrir inmediatamente.
- El problema descubierto se debe divulgar a todo el personal implicado, no se debe permitir la recurrencia.

#### **Regla 2: Los procesos subsecuentes requerirán sólo lo que es necesario.**

El proceso subsecuente pedirá solamente el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Se crea una pérdida si el proceso anterior abastece de partes y materiales al proceso subsiguiente en el momento que éste no los necesita o en una cantidad mayor a la necesaria.

La pérdida puede ser muy variada, incluyendo la pérdida por el exceso de tiempo extra, pérdida en el exceso de inventario, y pérdida en la inversión de nuevos proyectos sin saber que la existente cuenta con la capacidad suficiente.

La peor pérdida ocurre cuando los procesos no pueden producir lo que realmente es necesario, cuando éstos están produciendo lo que no es necesario. Para eliminar este tipo de errores se usa esta segunda regla.

No se trata de “abastecer a los procesos subsiguientes” sino “pedir, los procesos subsiguientes, a los procesos anteriores la cantidad necesaria en el momento adecuado.” La decisión la toma el proceso subsiguiente.

**Regla 3: Procesar solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsiguiente**

El cumplimiento de esta regla implica alcanzar el objetivo de reducir al mínimo los inventarios. No enviar contenedores de materiales sin una tarjeta KANBAN.

**Regla 4: Balancear la producción**

Con el fin de producir solamente la cantidad necesaria requerida por los procesos subsiguientes, se hace necesario para todos estos procesos hacer un mantenimiento tanto de las maquinarias como del personal.

Por ejemplo, si el proceso subsiguiente pide material de manera incontinua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y máquinas en exceso para satisfacer esa necesidad. Por eso se hizo esta regla, la producción debe estar balanceada o suavizada (Smooth, equalized).

**Regla 5: Tener en cuenta que KANBAN es un medio para evitar especulaciones**

Kanban es la única información que deben tomar en cuenta los procesos y la única orden que deben cumplir para llevar a cabo su trabajo.

No se debe especular sobre si el proceso subsiguiente va a necesitar más material, ni si el proceso subsiguiente debe preguntarle o exigirle al proceso anterior si podría empezar el siguiente lote un poco más temprano. Ninguno de los dos debe mandar información al otro, solamente la que está contenida en KANBAN.

### **Regla 6: Estabilizar y racionalizar el proceso**

El trabajo defectuoso existe si el trabajo no se realiza en base a un estándar y a un procedimiento racionalizado; si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas.

### 3.6 Ventajas y limitaciones de KANBAN

Empresas que usan KANBAN	Empresas que no usan KANBAN
Centradas en las satisfacción del consumidor	Centradas en los beneficios
Del mercado hacia adentro (satisfacer la demanda)	Del producto hacia fuera (crear demanda)
Paciencia	Impaciencia
Mayor trabajo en equipo	Poco trabajo en equipo
Adquiere certificación QS-900 (creada por General Motors, DaimlerChrysler y Ford)	Sin certificación QS-900
La alta dirección contacta con la fábrica y con los clientes	La alta dirección está distante de la fábrica o de los clientes
Homogeneidad	Diversidad
Los problemas son tesoros	Los problemas son signos de debilidad
Técnicas de comunicación visual (más rápida)	Técnicas de comunicación verbal (toma más tiempo)
La estandarización es esencial	La estandarización es una limitación
El enfoque es claro para todos	Todo es importante
Se sigue una dirección de arriba hacia abajo	Resistencia a una dirección de arriba hacia abajo
Anticipación al cambio tanto en elaboración de tipos de productos como en la cantidad de los mismos	Ser víctimas de un cambio

Fig. 3.2 Cuadro comparativo de ventajas del uso de Kanban.

#### Ventajas del Sistema JIT y Kanban:

1. Reducción en los niveles de inventario.
2. Reducción del trabajo en proceso.
3. Reducción de tiempos caídos.
4. Flexibilidad en la calendarización de la producción y la producción en si.
5. El rompimiento de las barreras administrativas (BAB) son archivadas por Kanban.



6. Trabajo en equipo, Círculos de Calidad y Autonomación (Decisión del trabajador de detener la línea).
7. Limpieza y Mantenimiento (*Housekeeping*).
8. Provee información rápida y precisa.
9. Evita sobreproducción.
10. Minimiza Desperdicios

### **Desventajas de KANBAN**

- Un plazo de abastecimiento demasiado grande excluye la elección del método Kanban. Pues tendría muy desocupados a los trabajadores.
- El sistema no tiene ninguna anticipación en caso de fluctuaciones muy grandes e imprevisibles en la demanda. Puede anticiparse a ellas pero no solucionarlas.
- Es difícil de imponerles este método a los proveedores.
- Las aplicaciones son limitadas (solamente para una producción continua o repetitiva). El método KANBAN es aplicable a producciones de tipo "masa" para las cuales el número de referencias no es muy elevado, y la petición es regular o a reducidas variaciones.
- Reducir el número de Kanban sin aportar de mejoramientos radicales al sistema de producción, arrastrará retrasos de entrega y de espera entre operaciones y en consecuencia, pérdidas importantes.
- No ha tenido el éxito ni ha llegado al óptimo funcionamiento cuando ha sido implementado en organizaciones occidentales. Uno de las principales causas de ello, las enormes diferencias culturales.

### **3.7 Conclusión**

KANBAN asegura la entrega de un buen elemento en el momento necesario, en un buen lugar y en una cantidad correcta, y ayuda particularmente a:

- Organizar la producción (clarificando en qué cantidad un elemento específico debe ser producido y transportado).
- Controlar la utilización de la mano de obra.
- Controlar el emplazamiento de materiales.
- Adaptarse a las diferentes variaciones de la producción (producción, no demanda).
- Identificar las zonas susceptibles de mejora.

Aunque Kanban es una solución para muchos problemas, su implementación no es tan sencilla; no se aplica aisladamente sino acompañada de otros sistemas (otras técnicas, otras estrategias). Si se cree que solamente KANBAN solucionará los problemas, es seguro que KANBAN no va a funcionar.

## **CAPÍTULO IV KANBAN APLICADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN SERIE.**

En este capítulo se describirá de que manera se aplica Kanban en la construcción de viviendas en serie en México, la metodología que se sigue, los beneficios, las limitaciones y por último, las posibles sugerencias y/o recomendaciones para que la empresa que aplica Kanban cumpla con el objetivo para el que es implementado este sistema.

### **4.1 Antecedentes**

La construcción de viviendas en serie permite la creación de grandes desarrollos habitacionales, enfocados principalmente al interés social y medio. Existen empresas constructoras que en los últimos años han tenido mucho auge en este ámbito. Lo que obliga a estas empresas a ser más competitivas, dando lugar a la implementación de nuevas filosofías, pensamientos y tecnologías.

Una de las empresas de mayor crecimiento en los últimos años en la rama de la construcción de viviendas en serie, en base al porcentaje anual de incremento en el número de hogares vendidos, ingresos y utilidad de operación, conciente de la necesidad de eficiencia que se requiere, esta actualmente, implementando el Sistema Kanban, como un medio de control, que permite la reducción de inventario, desperdicios, reproceso y costo, así como el incremento de la calidad de su producto. Esta empresa que por estrategia se omitirá su nombre, tiene aproximadamente dos años, implementando este sistema.

Los datos que se expondrán en la presente tesis son reales, fueron recabados en la ciudad de Culiacán Sinaloa, el mes de febrero del presente año, en uno de los proyectos que esta empresa esta desarrollando actualmente.

## 4.2 Problemática

En la actualidad la calidad en la construcción de viviendas de interés social en masa, no es prioridad para las empresas, la velocidad con la que se desarrollan las viviendas se está volviendo el objetivo principal, teniendo como consecuencia, mayor producción, menor control, y el incremento de quejas de parte de los clientes debido a la ausencia de calidad en las viviendas.

Con el fin de reducir al mínimo el número de quejas, que a continuación se enlistan en la tabla 4.1 la empresa de la que hacemos mención, adaptó el sistema KANBAN junto a otras corrientes del pensamiento esbelto, para tener un mayor control y la calidad en cada uno de sus procesos.

La siguiente lista de quejas fue elaborada por el departamento de Calidad de la empresa estudiada, el mes de enero del presente año, en la ciudad de Culiacán en uno de los proyectos que actualmente opera esta empresa, el proyecto cuenta con un total de 545 viviendas de tipo social.

<b>QUEJA</b>	<b>NUM.</b>
IMPERMEABILIZADO, HUMEDAD, ACUMULACIÓN DE AGUA	40
GRIETAS, FISURAS.	44
INSTALACIÓN HIDRÁULICA, SANITARIA Y DE GAS	6
HERRERÍA, PUERTAS Y VENTANAS	21
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	5
MUEBLES Y ACCESORIOS	4
PISOS Y AZULEJOS	0
PINTURA, RECUBRIMIENTO, MANCHAS	0
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>

Tabla 4.1 Lista de quejas recibidas en el año 2007 para un fraccionamiento de 545 viviendas.

### **4.3 Descripción del Sistema Kanban**

Kanban es un sistema que se apoya de varias corrientes del pensamiento esbelto, sus objetivos principales son producir un producto de calidad, reducir el inventario, el desperdicio y evitar el reproceso, mediante un mejor control de la producción.

#### **4.3.1 Tarjetas Kanban**

Las tarjetas KANBAN contienen las especificaciones de cómo se debe entregar y como se debe recibir el proceso constructivo, consiste en exigir calidad para poder entregar calidad, de un proceso a otro, además marca las tolerancias permitidas y algunas observaciones importantes. Las tarjetas Kanban son adaptadas según la región, y el tipo de vivienda que se trate. Y son una herramienta esencial para cumplir con el esquema Cliente- Proveedor.

Las tarjetas son de colores llamativos, forradas con mica y son colocadas en el lugar donde se esta ejecutando el proceso constructivo, con el objetivo de que todos los involucrados en el proceso conozcan el sistema, su función, objetivo, especificaciones del proceso, etc.

La siguiente tarjeta Kanban es utilizada en el proyecto que tomamos como referencia, muestra las especificaciones, tolerancias permitidas y algunas observaciones importantes del proceso de cimentación. La tarjeta se encuentra dividida en dos partes:

En su parte izquierda muestra que requerimientos deberá cumplir la plataforma que el encargado de urbanización deberá entregar al encargado de cimentación.

El encargado del proceso de cimentación deberá verificar que cumpla con los requerimientos que contiene la tarjeta, si es aceptada, el sistema permite hacer los pagos de los destajos quemados, y el encargado del proceso de cimentación se hace responsable del proceso y de los defectos que este pudiera tener, permitiendo que solo

sea aceptado un proceso que tenga calidad, es decir, que cumpla con las tarjetas Kanban, garantizando la satisfacción del cliente.

## **KANBAN: PROCESO CIMENTACIÓN**

**SALIDA: Losa de Cimentación Terminada.**

<b>RECIBO</b>
<p>Proveedor: URBANIZACIÓN Producto: <b>PLATAFORMA TERMINADA</b></p> <p><b>Requerimientos:</b> <b>De acuerdo a proyecto ejecutivo aprobado.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Adecuadamente ubicada, alineada, nivelada, sin baches y compactada.</li><li>- Vialidades con avance mínimo hasta base impregnada.</li><li>- Instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.</li></ul> <p><b>Exijo Calidad</b></p>

Fig. 4.2 parte izquierda de la tarjeta Kanban para el proceso de cimentación.

La parte derecha de la tarjeta contiene, como el supervisor del proceso de cimentación deberá entregar al cliente, el supervisor de muros.

<b>ENTREGO</b>		
Cliente: Muros Producto: <b>LOSA DE CIMENTACIÓN TERMINADA CON INSTALACIONES PROBADAS.</b>		
<b>Requerimientos:</b> <b>De acuerdo a proyecto ejecutivo aprobado.</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Losa bien escuadrada, nivelada con láser y con acabado requerido por proyecto.</li> </ul>		
<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Trazo y descuadre	(+/-) 0.5cm	En la long. total del lado largo de la casa.
Nivel de cimbra	(+/-) 0.5cm	En la long. total del lado largo de la casa.
Desnivel en el acabado	(+/-) 0.5cm	Usando regla de 3m.
Espesor de la losa	Proy. (+/-) 1cm	
Tiempo de espera para curar después del acabado.	30 a 60min	
Tiempo mínimo requerido para cargar losa de cimentación después de colada	24hrs.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Libre de escurrimientos y oquedades de concreto.</li> <li>- Colocación de acero para castillos confinados y ahogados.</li> </ul>		
<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Posición de varillas	Proy. (+/-) 2.5cm	
Recubrimiento de acero	Proy. (+/-) 0.5cm	
Trazo de acero vertical e instalaciones	Proy. (+/-) 1.0cm	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.                Instaladas con salidas bien ubicadas e identificadas.                Extremos protegidos.                Prueba hidrostática en instalaciones hidráulicas.                Instalaciones sanitarias taponadas.</li> </ul>		
<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>TOLERANCIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Posición de las instalaciones eléctricas, Hidráulicas y sanitarias.	Proy. (+/-) 3cm	
Duración de prueba hidrostática.	20 a 40min	
Separación de descarga para taza de baño Con respecto al muro terminado o revestido		
Del paño interior al centro de la descarga.	Proy. (+/-) 1cm	
Pendiente del drenaje sanitario y pluvial Respecto al proyecto.	Proy. (-) 0.5%	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza total del área realizada (dentro y fuera de la vivienda).</li> </ul>		
<b>Entrego Calidad</b>		

Fig. 4.3 parte derecha de la tarjeta que se tomó como ejemplo.

El uso de las tarjetas Kanban no solo se limita a ser una orden de trabajo, sirve para tener un mejor control de la producción y para garantizar la calidad de los procesos,

además muestra como la combinación de los esfuerzos de cada uno de los que participan en el proceso, dan como resultado un producto de calidad total.

#### **4.3.2 Reglas de Kanban aplicadas en la construcción**

Es indispensable para cualquier sistema la existencia de una serie de reglas que deberán cumplirse para llevar a cabo su correcta aplicación. Estas reglas son usadas en la manufactura y se adaptan a la construcción de la siguiente manera.

**Regla 1: No se deberá pasar de un proceso a otro, si este no cumple con las especificaciones contenidas en las tarjetas Kanban.**

El supervisor del proceso subsiguiente deberá revisar que este cumpla con las especificaciones, tolerancias y observaciones contenidas en las tarjetas Kanban y en el proyecto, para así rechazar o aceptar el proceso. Si esta es rechazada el residente responsable deberá corregir los errores encontrados. Si es aceptado, el sistema permitirá el pago de los destajos utilizados y el proceso subsiguiente iniciará sus trabajos.

Si se encontraran errores en el primer proceso, y estos no son tomados en cuenta, los procesos subsecuentes también tendrán graves errores que no podrán ser arreglados fácilmente. Lo cual incrementará el costo, el tiempo de ejecución, debido a que será necesario el reproceso.

**Regla 2: Los procesos subsecuentes requerirán sólo el material que sea necesario.**

Se crea una pérdida si el proceso anterior abastece de partes y materiales al proceso subsiguiente en el momento que éste no los necesita o en una cantidad mayor a la necesaria. La pérdida puede ser muy variada, incluyendo la pérdida por el exceso de tiempo extra, pérdida en el exceso de inventario, etc.

**Regla 3: Procesar solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsiguiente.**



Al procesar solamente la cantidad exacta necesaria por el proceso siguiente, el inventario es reducido, lo que en la obra se traduce como reducción de espacios y costos.

Para abastecer de material es necesaria una orden de envío, que se ejecuta mediante una tarjeta Kanban, la cual, es procesada por el sistema utilizado en el departamento de abastecimiento de materiales, lo que garantiza que se reducirán los desperdicios, se tendrá un mayor control de materiales, y se evitará el desvío de los mismos. De esta manera se controla también la calidad de los materiales y herramientas utilizadas, ya que solo las especificadas en el proyecto podrán ser pagadas.

#### **Regla 4: Balancear la producción**

Es necesario para todos los procesos, mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria. Si el proceso siguiente requiere material de forma no continua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y máquinas en exceso para satisfacer esa necesidad. En este punto es en el que hace énfasis la cuarta regla, la producción debe estar balanceada o suavizada (Smooth, equalized).

#### **Regla 5: evitar especulaciones.**

Kanban es la única información que deben tomar en cuenta los procesos y la única orden que deben cumplir para llevar a cabo su trabajo. Kanban, se convierte en su fuente de información para producción y transportación.

#### **Regla 6: Estabilizar y racionalizar el proceso**

El trabajo defectuoso existe si el trabajo no se realiza en base a un estándar y a un procedimiento racionalizado; si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas. Es necesaria una programación de obra que cumpla con los tiempos mínimos necesarios para poder entregar un proceso que tenga la calidad deseada. En la construcción, si la cimentación es defectuosa el resto de los procesos tendrán un desempeño pobre. Es importante que desde el primer proceso hasta el último tengan calidad para así tener un producto de calidad total.

### 4.3.3 Implementación de Kanban

Antes de implementar Kanban es necesaria una planeación estratégica, la cual cumpla con los prerequisites necesarios para su correcta aplicación, lo que conlleva una serie de fases y reglas, acompañadas por diversas filosofías y principios del pensamiento esbelto.

Los prerequisites de la manufactura aplicados en la construcción son:

- Existirá una velocidad constante en la construcción de cada proceso constructivo, el cual está controlado por un programa de obra, los cuales se tendrán que cumplir.
- Habrá una ruta de Kanban que refleje el flujo de materiales, es decir, habrá lugares designados para que no haya confusión en el manejo de materiales.
- El personal encargado de producción y abastecimiento; deberá comprender cómo este sistema va a facilitar su trabajo y mejorar su eficiencia mediante la reducción de una supervisión directa.
- El sistema Kanban deberá ser actualizado y mejorado constantemente.
- Se tendrá en cuenta que este sistema sólo puede aplicarse en empresas que impliquen producción continua.
- La aplicación de Kanban va acompañada de la combinación de ciertos pensamientos y/o herramientas del pensamiento esbelto.

Los siguientes puntos describen la metodología que se sigue en la implementación del Sistema Kanban en la construcción de viviendas en serie, en México:

- El sistema es planificado, adaptado y aceptado por los directivos responsables del proyecto.
- Se deberá tener una buena relación con los proveedores, así como un compromiso que garantice su participación de manera efectiva en este sistema.

- Se da a conocer a todos los que participan en el sistema, los objetivos, beneficios, resultados, ventajas así como las posibles limitaciones que se puedan encontrar.
- Se deberá contar con un sistema de suministro de materiales tal que permita sea utilizado Kanban de control, evitando fugas de material y uso de materiales no especificados en el proyecto.
- Se capacita a todos los que participan en este sistema, se les enseña a interpretar las tarjetas, respetarlas y ejecutar su trabajo de manera correcta. Desde el responsable de la obra hasta el ayudante de maestro de obra.
- Se acondiciona el lugar donde se va ejecutar el proceso, iniciando con una buena limpieza, para brindar un buen ambiente de trabajo, limpio y organizado, evitando así posibles accidentes.
- Se colocan los contenedores en los lugares destinados para el almacenamiento temporal de los materiales.
- Se colocan las tarjetas Kanban en los contenedores o en el lugar donde se este ejecutando el proceso.
- Se resaltarán los problemas escondidos para determinar las posibles soluciones a los problemas que hacen que nuestro sistema se vea limitado o no brinde los resultados esperados.
- Se divulgarán los errores o defectos que se encontrasen para evitar la recurrencia de los mismos.
- Se fomentará la participación de todos los involucrados para proporcionar mejoras al sistema.
- Un proceso es aceptado si y solo si cumple con las especificaciones, tolerancias y observaciones plasmadas en las tarjetas correspondientes.
- El personal de supervisión se rotara periódicamente para que puedan intercambiar mejoras y fomentar la polivalencia de los empleados. Así como tener conocimientos y experiencias de cada uno de los procesos lo que llevará a aumentar su capacidad y confianza sobre la toma de decisiones importantes para la solución de los problemas que surjan así como la participación en la mejora de la calidad final del producto.

- Se verificará que Kanban este funcionando correctamente, revisando sus niveles de inventario, los tiempos de ejecución, número de quejas, pérdidas, limitaciones, etc., para así poder dar solución y mejoras al sistema.

#### **4.4 Diagnóstico**

Es necesario evaluar una serie de parámetros para concluir si el sistema Kanban proporciona beneficios que conlleven a la mejora continua y éxito de la empresa.

Es indispensable conocer cual es el objetivo principal que se busca por parte de la empresa con la implementación del sistema Kanban y los beneficios que esperan obtener.

Para verificar que se cumpla con el objetivo principal y se obtengan los beneficios deseados, se recurrió a la entrevista directa con el personal involucrado en el proyecto, como los supervisores encargados de los diferentes procesos constructivos, encargados de calidad y administradores de obra, etc. La fiabilidad de la información recabada se comprobó mediante la observación directa, el número de quejas, el número de ventas y la congruencia de la información de las entrevistas realizadas y en las ventas.

##### **4.4.1 Objetivo y beneficios esperados.**

El objetivo principal de la empresa es proporcionar a los residentes de producción, herramientas para que se lleve a cabo apropiadamente el esquema cliente-proveedor.

Para obtener un producto de calidad total que cumpla con la seguridad, servicio y satisfacción del cliente. Para la empresa estudiada la forma de saber si los procesos constructivos fueron ejecutados con calidad es, si estas cumplen con los parámetros que las tarjetas Kanban contienen.

La aplicación de Kanban en la construcción de viviendas en serie brinda los siguientes beneficios:

Se busca un producto de calidad total, lo que garantiza la satisfacción del cliente, repercutiendo en las ventas y en el éxito de futuros proyectos.

Kanban será una forma de capacitación para obtener mano de obra altamente efectiva.

Se fomentará el trabajo en equipo. Los círculos de calidad y la autonomiación serán parte importante en este sistema.

Se corregirán los defectos que se pudieran encontrar, además se divulgará el problema para evitar su recurrencia.

Kanban facilitará la comunicación entre los residentes y los trabajadores de la obra, mediante técnicas de comunicación visual.

Se reducirán los niveles de inventario. La buena relación con los proveedores y la competitividad de estos, será indispensable para obtener los resultados deseados.

Se reducirán los tiempos caídos.

Se reducirá el costo del producto final.

Se mantendrá limpio el lugar de trabajo. Evitando posibles accidentes.

Provee información rápida y precisa.

Se minimizan los desperdicios. Kanban controla las entradas y salidas de cada uno de los materiales y la cantidad que se utilizará de cada uno de estos, lo que permite sea aprovechada sin despilfarros.

Prestará atención a las zonas susceptibles de mejora. Para Kanban un problema es una oportunidad, busca detectar las posibles fallas o las posibles partes que podrían ser mejoradas, para así reducir deficiencias y mejorar la competitividad de este sistema.

#### **4.4.2 Metodología**

Se procedió a visitar cada uno de los procesos constructivos: urbanización, cimentación, muros, etc. Donde cada uno de los encargados de esos procesos, externó los beneficios y limitaciones del sistema Kanban según la experiencia que han tenido.

La mayoría de ellos argumentó que el sistema Kanban si resultaba efectivo para la empresa, pues es un medio de capacitación hacia los trabajadores, el cual, les permite conocer las especificaciones de cómo debe quedar terminado el proceso constructivo que se trate. Además como Kanban es un sistema que controla la producción y el suministro de materiales, generaba menores fugas de material.

La palabra Calidad, no fue mencionada como un beneficio que el sistema brinda al producto. La mayoría de los entrevistados mencionó que el objetivo principal de la empresa era buscar mayor producción, dejando de lado la calidad en cada uno de los procesos constructivos. El encargado del proceso de muros comentó: "Si solo aceptara cimentaciones que cumplan con las especificaciones, tolerancias permitidas y observaciones que la tarjeta marcan, no podría continuar con mi proceso, y me costaría mi trabajo. Necesitaría que el encargado de cimentación corrigiera los defectos de todas las cimentaciones, como el descuadre, el recubrimiento mínimo del acero, etc. Lo que generaría tiempos muertos y un retraso en la programación de los tiempos de terminación de cada uno de los procesos sucesivos". Lo que el residente del proceso de muros comentó fue fácil corroborar, los defectos que las cimentaciones tenían eran evidentes.

El residente encargado del proceso de muros, comentó "si la cimentación no cumple con las condiciones mínimas necesarias, los procesos subsiguientes, difícilmente cumplirán con los requerimientos con los que fueron proyectados".

Los encargados de calidad comentaron: Si se cumpliera con los requerimientos que contienen las tarjetas Kanban no existiera nuestro departamento, pues no existirían las quejas, debido a que todas las viviendas tendrían cero defectos.

#### **4.4.3 Limitaciones y posibles soluciones**

Las principales limitaciones que los trabajadores encargados de los diferentes procesos encontraron se enlistan en la parte inferior, las causas que lo provocan y se añadieron

algunas sugerencias que servirían para reducir las limitaciones por las que el sistema Kanban se ve mermado.

### 1.- La mano de obra no tiene la experiencia y/o capacitación requerida.

#### Causas

Los maestros de obra no siempre cuentan con la educación mínima necesaria (saber leer) ni con el interés para aprender el sistema.

El personal es temporal.

El personal trabaja a destajo, les interesa la cantidad no la calidad.

Se requiere cumplir con cierto avance de obra en cierto tiempo, lo cual induce a los encargados a pasar por el alto dicha capacitación y preferir iniciar con los trabajos requeridos por el programa de obra.

Consideran que con la capacitación de los residentes de obra es suficiente para garantizar la calidad en el proceso constructivo que se trate, ya que según son ellos los encargados de enseñar y vigilar a los maestros de obra, como es que se deberá trabajar, cuales serán las tolerancias y observaciones que deberán ser tomadas en cuenta para cumplir con lo especificado en las tarjetas Kanban.

#### Posibles soluciones:

- Se deberá despertar el interés de todos los involucrados hacia el conocimiento de este nuevo sistema, destacando los objetivos, funciones y beneficios que se obtendrán con la aplicación del sistema Kanban.
- Se deberá dar a conocer los beneficios para cada uno de los participantes, tanto para la empresa constructora, como para el cliente final y los mismos trabajadores de la construcción.

- Es importante destacar que no solo la empresa constructora saldrá beneficiada con este sistema sino que también el cliente final será acreedor del beneficio más importante, una vivienda digna que garantice su satisfacción total.
- Es importante hacer notar, que los trabajadores de la construcción serán partícipes de un proyecto exitoso, lo que generará mayores proyectos futuros, en los cuales podrían continuar participando, lo que les garantizaría tener trabajo seguro durante largos períodos de tiempo, además se podrán tener otro tipo de beneficios económicos si se llegará a cumplir con la meta que la empresa constructora se proponga.
- Se deberá dar a conocer a los participantes que se les pagará por su trabajo si y solo si, cumple con las especificaciones marcadas, evitando así, que se genere trabajo deficiente, pero se les deberá dar las herramientas necesarias para que esto suceda.
- Por otro lado se puede aumentar el costo de su trabajo si estos cumplen con todos los requerimientos al pie de la letra, motivando así que se esfuercen por obtener un producto de calidad total.
- El aumento que se le daría a los participantes será insignificante comparado con los beneficios que tendremos en cuanto a la calidad y el costo del producto final, ya que el costo por reproceso resultará mucho más alto que el que se pueda invertir en evitarlo.
- La capacitación deberá ser indispensable, el personal de la construcción va adquiriendo sus conocimientos por la experiencia de otros, lo cual, no garantiza que su forma de trabajo sea la correcta.
- Se deberá mostrar no solo con las tarjetas Kanban que deberán estar colocadas en los contenedores o lugares donde se este ejecutando el proceso constructivo, sino que además, el supervisor encargado de cada proceso deberá pedir a los trabajadores que se trabaje como viene especificado en la tarjeta, la cual será explicada por el mismo a cada uno de ellos, deberá resolver sus dudas y escuchar los comentarios que estos tengan de las mismas.
- El residente por obvias razones no podrá vigilar a cada uno de los participantes para verificar que se este llevando a cabo su trabajo de la manera en que esta especificada en el proyecto o en la tarjeta, o solamente lo hará en la medida de



- sus posibilidades, pero si podrá mantener una postura firme, de que solamente se recibirá el trabajo que cumpla con los requerimientos mínimos necesarios.
- Por otro lado el hecho de que el personal sea temporal, no deberá ser una restricción para poder llevar a cabo esta regla, si cada una de las empresas constructoras invirtiera tiempo en darles la capacitación necesaria, permitirá que el personal tenga un mejor desempeño, tanto los que se van a trabajar a otras empresas, como los nuevos contratantes.
  - El tiempo puede llegar a ser el principal enemigo de la calidad, si este no permite que se ejecute un proceso mínimo necesario para cumplir con los requerimientos tanto del concreto como del proceso mismo. Además impide que los trabajadores trabajen con calidad y limpieza.
  - El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad, ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos (Krupka 1992). Se deberá considerar en la programación el tiempo necesario para llevar a cabo la capacitación, así como el tiempo mínimo requerido para cumplir con la calidad especificada en el proyecto. Para evitar así que el residente se sienta obligado a recibir procesos constructivos defectuosos, para poder cumplir con el programa por el cual es regido.
  - EL trabajo en equipo juega un papel muy importante, se deberá repartir responsabilidad y éxito del mismo, a cada uno de los involucrados, desde el directivo hasta el ayudante del maestro de obra, es decir, que así como cada uno de ellos participara en el éxito de la obra, también será responsable del fracaso del mismo.
  - No será suficiente capacitar al residente encargado, es necesario hacer notar que cada uno de los que participan en el proceso constructivo deberá conocer y compartir este sistema.
  - Si el supervisor no se encontrará durante alguna parte del proceso constructivo, los trabajadores ejecutarán de manera correcta su función, ya que conocerán bien, como son las especificaciones, tolerancias y observaciones de proyecto.
  - Los encargados de calidad no deberán ser vistos como los enemigos de la producción, sino como la oportunidad para evitar reproceso en el resto de las

viviendas que faltan por construir, así como la seguridad de que nuestro resultado será un producto de calidad total.

## 2.- El sistema de suministro de materiales produce tiempos muertos.

### Causas

El almacén donde se encuentran los materiales y maquinaria necesarios, se encuentra retirado de la obra. El personal de mano de obra pierde tiempo en caminar hacia el almacén para pedir material faltante o que surgió de la necesidad de ejecutar reproceso.

No siempre esta disponible o presente la persona encargada de recibir las órdenes de requerimiento de materiales. y no existe otra persona capaz de realizar las funciones de este.

Si el sistema se encuentra en reparación o fuera de servicio, no se podrá abastecer de material.

Es un poco tardado el proceso.

Si no se cuenta con una orden de envío no se podrá abastecer de materiales.

A veces no se cuenta con los materiales necesarios en el almacén.

No se puede abastecer de herramientas debido a que éstas no se encuentran en estado funcional.

El almacén se encuentra muy desordenado y el encargado del mismo no tiene una buena ubicación de los materiales.

### Posibles soluciones:

- El almacén deberá tener una ubicación estratégica, para evitar se pierda tiempo innecesario. La utilización de un apoyo logístico, un radio y un medio de transporte, serán indispensables para cumplir con ese objetivo.
- Será necesario que el personal encargado de recibir las requisiciones sea responsable, ágil y efectivo, para garantizar así la reducción de tiempos muertos.

El encargado del almacén deberá conocer e identificar rápidamente el lugar donde se ubiquen los materiales requeridos.

- El ingeniero encargado de hacer las requisiciones al almacén deberá tener siempre las ordenes (tarjetas) necesarias, así como una programación adecuada, la cual le permitirá identificar que materiales le son necesarios para el proceso que esta ejecutando, reduciendo el número de requisiciones por día.
- Al momento de la entrega el encargado del transporte del material deberá hacer un ruteo, el cual le permita optimizar el tiempo de entrega.
- Será necesario que se cuente con un almacén organizado, de manera que sea rápida la entrega de los materiales, el material de mayor recurrencia se colocará en un lugar de fácil acceso. El uso de señales visuales facilitara la organización y el uso de tarimas brindará seguridad para que los materiales se encuentren en buen estado.
- Una buena relación con los proveedores, así como una correcta programación de suministro de materiales, serán indispensables para tener siempre la cantidad de material necesaria en el momento requerido.
- La maquinaria y/o herramienta menor deberá tener el mantenimiento preventivo necesario para garantizar que se encuentren en estado productivo.
- Se requiere de personal responsable y capaz para desempeñar funciones que en caso de ausencia del encargado pueda ejecutar efectivamente.

### **3.- No se cuenta con una programación de obra racionalizada.**

#### **Causas**

El departamento de producción exige sean entregadas una cantidad de viviendas en un tiempo determinado.

Los tiempos estimados para la ejecución de los procesos son limitados, permitiendo se dificulte el reproceso necesario para la reparación de errores y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos.

Se le da mayor prioridad a la cantidad que a la calidad.

La aplicación de programas donde se busca la eliminación de tiempo para la construcción de las viviendas.

#### **Posibles soluciones:**

- Para obtener una programación racionalizada, es decir, que la ruta crítica tenga los tiempos necesarios para cada uno de los procesos, lo que les permita cumplir con las especificaciones, la calidad y la necesidad de reparar los defectos en el tiempo estimado, será necesario que primeramente se desee como fin principal la calidad en el proyecto, si la prioridad es la cantidad, nos olvidamos por completo de una programación racionalizada.
- La programación de las actividades que participan en el proceso constructivo que se trate deberán ser estimadas por personal que tenga experiencia en la ejecución de las mismas, deberá conocer la cantidad de cuadrillas que participarán en el proceso, así como los requerimientos de calidad de los materiales a utilizar.
- El programa de obra deberá ser realista, los tiempos estimados para la ejecución de los procesos deberán permitir el cumplimiento de los estándares de calidad indicados en el proyecto.

#### **4.- No se cumple con los estándares de calidad requeridos.**

No se cuenta con las pruebas de laboratorio necesarias para la correcta utilización de los materiales. En el caso del concreto se coloca tal cual fue creado, sin realizar las pruebas necesarias, que garanticen la calidad del mismo.

El tiempo estimado para la ejecución de las actividades no es suficiente. Lo que permite una mano de obra ágil, pero al mismo tiempo carente de calidad en el proceso.

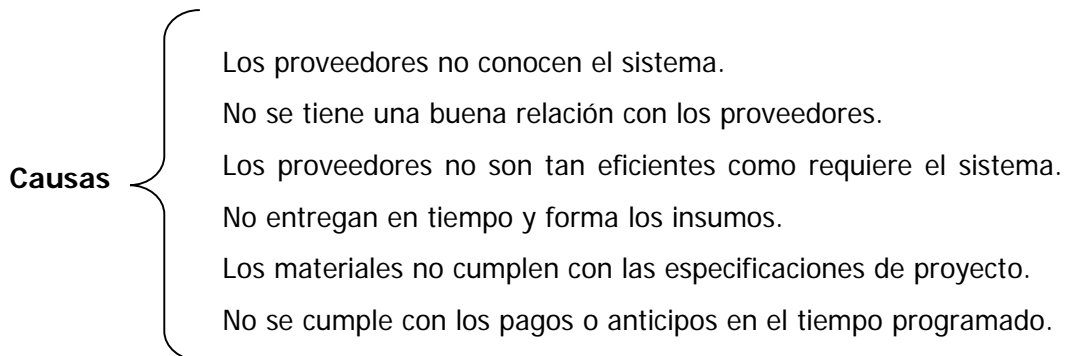
La mano de obra es subcontratada. Los trabajadores trabajan por destajo, les interesa la cantidad de trabajo ejecutado no la calidad.

Participación de "amigos" entre el personal de suministro, residentes de obra y proveedores, promoviendo así, la aceptación por parte de los primeros dos, de materiales que no cumplan con los estándares de calidad especificados en el proyecto.

**Posibles soluciones:**

- Se deberá contar con el personal certificado para efectuar las diversas pruebas requeridas a los materiales y se capacitará a los encargados de calidad, para que vigilen se lleve a cabo de manera correcta.
- Las pruebas de campo y/o laboratorio requeridas deberán efectuarse en el lugar y tiempo que garantice resultados confiables.
- Se deberá contar con las herramientas necesarias y en buen estado, de cada una de las pruebas a efectuar.
- No se deberá omitir ninguna de las pruebas de calidad descritas en el proyecto.
- La programación de obra deberá permitir que el concreto cumpla con las especificaciones mínimas necesarias para que este obtenga las propiedades que se requieren para cumplir con los estándares de calidad y resistencia deseados.
- La mano de obra subcontratada deberá cumplir con las especificaciones, tolerancias y observaciones que estén contenidas en las tarjetas del proceso que se este ejecutando, de lo contrario no será aceptado (pagado), hasta que no sean reparados los errores o defectos que estos tuvieron por responsabilidad de estos.
- Se deberá capacitar a todos los involucrados en el proceso, tanto de la forma en como deben ejecutar su trabajo, como la importancia del cumplimiento del tiempo y la calidad necesaria, sin importar si estos son subcontratados.
- Los residentes de obra deberán vigilar, y comprometer a la mano de obra para que ejecuten su trabajo cumpliendo con los estándares de calidad especificados, si existiera la necesidad de corregir defectos, se deberán corregir antes de pasar al siguiente proceso.
- No se aceptará por ningún motivo materiales que no cumpla con las especificaciones de calidad. Se deberá tener una buena relación con los proveedores para la conveniencia de la propia empresa y no por beneficios personales.

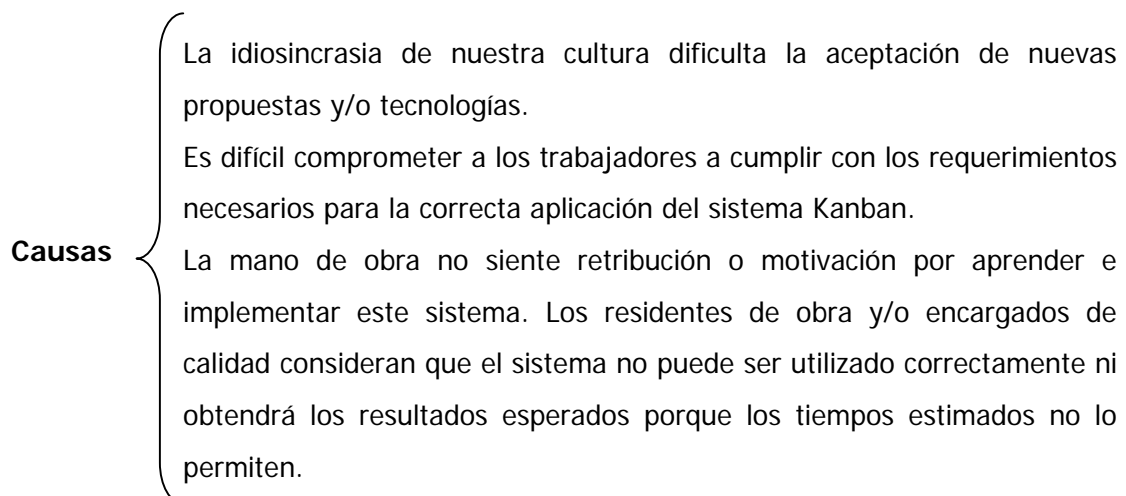
## 5.- Los proveedores no se comprometen con el sistema.



### Posibles soluciones:

- Se deberá contratar proveedores que tengan la eficiencia, disciplina y la calidad necesaria para participar en el sistema Kanban.
- Los proveedores deberán conocer el sistema y comprometerse a ser una pieza activa para el éxito del mismo.
- La buena relación con los proveedores es indispensable, por lo que será necesario tener un contrato justo, claro, transparente, etc.
- Se deberá comprometer al proveedor a entregar en tiempo y con calidad sus productos. De lo contrario será rechazado.
- Se deberá pagar al proveedor en el tiempo en que el se especifica en el contrato, para evitar retrasos.

## 6.- No se tiene la cultura al cambio



**Posibles soluciones:**

- Es necesario que la empresa que quiera implementar el sistema Kanban crea en el, es decir, implementará un sistema que le brindará beneficios, resultados y permitirá hacer más competitiva a la empresa.
- Se deberá dar a conocer a todo el personal el sistema Kanban y los beneficios que brinda a todos los involucrados.
- Se deberá motivar al personal con incentivos si este cumpliera con los requerimientos especificados en el sistema.
- El tiempo programado para la ejecución de los trabajos deberá ser suficiente para cumplir con los requerimientos del sistema Kanban.
- Es necesaria la participación de directivos no viciados y comprometidos con la empresa, para lograr así la calidad esperada en la obra y la dirección y formación necesaria hacia los trabajadores.

#### 4.5 Recomendaciones

Los siguientes puntos son el resultado de la recopilación de las experiencias de la aplicación de Kanban en la construcción de viviendas en serie en el estado de Sinaloa. Son una serie de recomendaciones que permitirán a las empresas interesadas en la aplicación de este sistema dar a conocer los posibles errores y las posibles soluciones, para obtener mayores resultados.

Kanban es un sistema que permite mejorar la calidad del producto final, evita reproceso, perdidas, fugas de material, y reduce el costo del mismo. Requiere para su correcto funcionamiento disciplina y compromiso por parte de todos los que participan en el proceso. Así como una serie de reglas que deberán cumplirse.

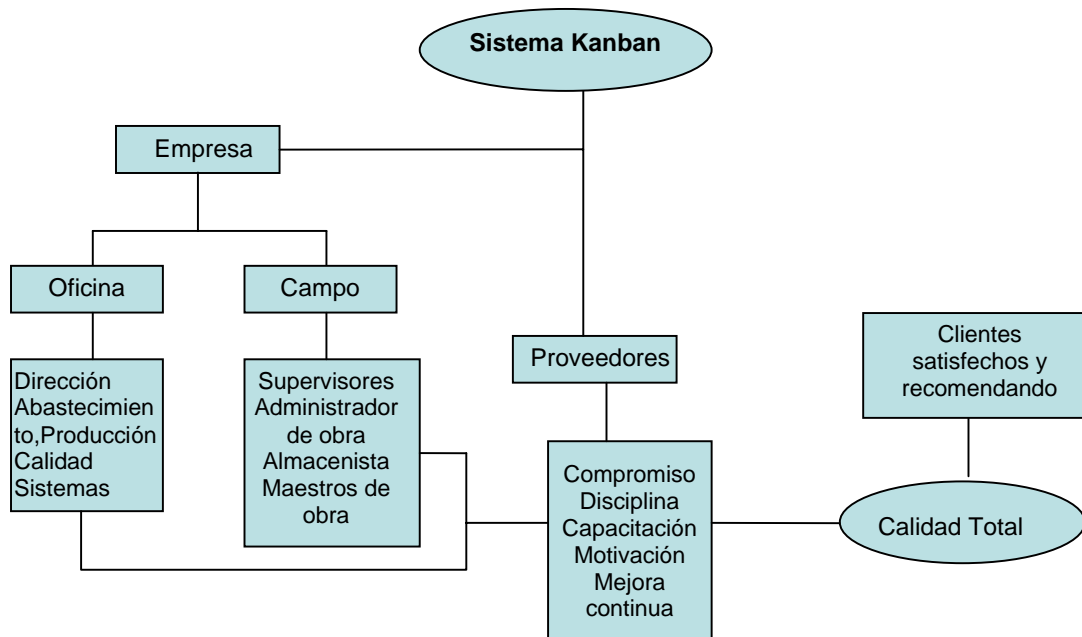


Figura 4.4 Sistema Kanban



Se deberá diseñar una estrategia de desarrollo y crecimiento exitosa. Así como una planeación estratégica, operativa, de alianzas y especialización.

La especialización es importante para la empresa, con el fin de que cada departamento enfoque su atención en cumplir con las metas planeadas, las cuales contribuirán de manera importante con el objetivo principal de la empresa.

Es necesario el análisis de fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas. El establecimiento de indicadores de medición del desempeño nos ayudarán a enfocar la atención en el punto de control que necesitamos trabajar.

Se deberán alinear los recursos y esfuerzos disponibles para optimizar la generación de resultados. Se deberá buscar la calidad total, la mejora continua, la satisfacción de sus clientes, proveedores y trabajadores de la empresa.

Kanban requiere ser acompañada de otros sistemas o filosofías para su correcta aplicación. Como el Just in Time, Poka Yoke, 5´s, Calidad total, etc.

La empresa deberá tomar en cuenta, que la garantía mayor de mantener o aumentar las ventas, es la recomendación de nuestros clientes. Solamente si éstos están satisfechos.

Se deberá crear un equipo de trabajo disciplinado, comprometido y capacitado que le permita a la empresa la ejecución eficiente de las tareas operativas, el desarrollo de los proyectos de mejora y la construcción de su futuro.

Se deberá planear, ejecutar, verificar y ajustar cada uno de los procesos constructivos, mediante el personal directo y los encargados de la ruta crítica.

Se deberán Generar constantemente nuevas estrategias de valor agregado, las cuales permitan alcanzar nuevas posiciones de ventaja competitiva en el mercado, al mismo tiempo que garantizamos eficiencia operacional, a través de mantener enfocada a toda la organización hacia dichas estrategias, por medio del alineamiento de objetivos, personas, procesos, cultura, y recursos hacia el logro de metas comunes.

Dirección deberá como su nombre lo indica dirigir a todos los que participan en la empresa a una cultura de calidad, el objetivo principal es ofrecer una vivienda que mejore la calidad de vida de las familias de México, y al mismo tiempo tener la mayor rentabilidad, asegurando con esto el éxito de la empresa. Buscará la forma de crear un conjunto de estímulos de diferentes tipos que incentive la permanencia y crecimiento del personal clave de la empresa.

El departamento de Producción deberá pedir calidad en las cantidades racionalmente programadas, para evitar se dejen pasar por alto, los errores cometidos por falta de tiempo.

El Departamento de Abastecimiento contribuirá a tener proveedores satisfechos, a través de negociaciones justas, donde el resultado de la relación empresa-proveedor sea ganar ganar. Asegurando el material en la cantidad, momento y lugar que se requiera.

El sistema de abastecimiento de material deberá ser rápido, eficiente, así como contar con personal responsable y capaz de resolver de manera rápida cualquier problema que se pueda presentar. De lo contrario el sistema produciría tiempos muertos, retrasos, lo que se traduciría en un aumento del costo y del tiempo de terminación del proyecto.

Se requiere la alianza de empresas competitivas (proveedores) que tengan la capacidad de cumplir con las necesidades de la obra y el sistema. Se deberá contar con proveedores eficientes, comprometidos con el sistema, y capaces de abastecer su producto en el día, lugar y hora, en la que sea requerido. Es importante identificar la complementariedad entre los aliados y el beneficio para cada parte. Es necesario tener y cumplir con un documento que defina claramente los alcances y los términos que regularan la alianza, tanto por el lado de las aportaciones, como del lado de los beneficios. Los proveedores son un punto clave para el éxito del Kanban.

El Departamento de Calidad juega un papel muy importante, es la oportunidad para la empresa de asegurar un producto de calidad total, si se contara con una empresa externa que supervise la edificación se tendrían mejores resultados.

La Administración de la obra requiere de personal honesto, organizado y responsable, capaz de adaptarse al sistema. Así como un almacén limpio, ordenado y con el menor inventario posible.

El personal de supervisión de obra debe ser comprometido con la empresa, honesta y responsable que busque la mejora continua. Y sea capaz de capacitar y motivar a los trabajadores a lograr de manera conjunta un desarrollo de viviendas que mejore la calidad de vida de México.

La programación de los tiempos de ejecución de cada uno de los procesos, deberán cumplir con los tiempos mínimos necesarios para cumplir con la calidad de los procesos. Si la programación no cuenta con los tiempos necesarios se dificulta la corrección de defectos y el trabajo efectivo, ignorándose en muchas ocasiones los errores y/o defectos encontrados.

El personal obrero deberá recibir una capacitación técnica, así como hacer conciencia de la importancia de pertenecer a un sistema que nos permita obtener productos de calidad total. Se deberá contar con trabajadores de la construcción responsables, disciplinados y comprometidos con la empresa, concientes de la importancia que tiene la calidad en los procesos.

Es necesario crear y mantener una cultura de calidad y una conciencia hacia el cliente final, de poder ofrecerle un producto que mejore su calidad de vida. Y que con su participación contribuye a lograrlo.

Se requiere personal con la capacidad de hacer que las limitaciones se conviertan en oportunidades.

“En la carrera por la calidad no hay línea de meta”

#### **4.6 Conclusión.**

La aplicación de Kanban en la construcción de viviendas en serie es una tarea compleja, se deberán conjugar una serie de factores para que la empresa logre tener los resultados esperados, los cuales a veces resultan imposibles de alcanzar.

La empresa que no tenga la capacidad para transformar una cultura que por mucho tiempo se ha resistido al cambio, a adaptar nuevas ideas, sistemas que mejorarán la calidad y el control de las obras, difícilmente logrará obtener todos los beneficios que Kanban puede ofrecer para hacerla mas competitiva.

Resulta evidente que el sistema Kanban para esta empresa genera ciertos beneficios, motivo por el cual se sigue implementando, pero el objetivo principal: cero quejas es todavía un sueño.

## CONCLUSIONES

En México, son pocas las empresas dedicadas a la construcción que busquen ser más competitivas mediante nuevas filosofías altamente efectivas, el miedo al cambio genera, el uso de metodologías tradicionales.

Una empresa que no sea altamente competitiva no tiene asegurada la permanencia en el mercado. Las empresas requieren ideas frescas que conlleven a la mejora continua, un mejor control de la producción y lo más importante, un producto de calidad total.

En Japón el sistema Kanban es utilizado con éxito, su objetivo principal es obtener productos de calidad, reducir el inventario y tener un mayor control de la producción. La cultura de compromiso y lealtad con la empresa y el consumidor ha motivado a los trabajadores a creer en el sistema Kanban.

### Resultados

- La industria de la construcción en México, se encuentra dando sus primeros pasos en la implementación de Kanban, son pocas las empresas que actualmente se ven apoyadas por este sistema.
- Las desarrolladoras de viviendas en México se preocupan más por aumentar su mercado, el objetivo principal es producir grandes cantidades de viviendas en tiempos reducidos, olvidando la calidad y el objetivo principal de la empresa, la construcción de verdaderos desarrollos que mejoren la calidad de vida de las familias.
- Las viviendas que no cumplan con los tiempos mínimos permitidos para su construcción, difícilmente tendrán la calidad que se requiere, serán construcciones con defectos estructurales y de servicio.
- La calidad no es un juego, es indispensable para tener clientes satisfechos, y desarrollos de viviendas funcionales.

- Kanban es un sistema altamente efectivo pero requiere del compromiso de la empresa, proveedores, trabajadores y de un proyecto que cumpla con el objetivo principal, la calidad del producto final.
- La empresa debe proporcionar la capacitación y las herramientas necesarias a todos los involucrados en el sistema Kanban para que no se vea limitado y cumpla con los resultados deseados.

### **Grado de comprobación de la hipótesis.**

En la presente investigación se demostró mediante las experiencias de las personas que laboran de manera directa con el sistema Kanban, así como los resultados de la disminución de las ventas y aumento de quejas, que si el sistema Kanban no se ve apoyado por la empresa, es decir, que tengan un objetivo afín, la calidad, y cuente con personal comprometido, difícilmente se logrará tener la calidad y el control de la producción esperado. Actualmente la empresa estudiada esta dando un giro a su forma de trabajo, se esta implementando la cultura de la calidad a través del servicio al cliente interno y externo, esto debido a que los directivos llegaron a la conclusión que la satisfacción del cliente es la mejor recomendación, para asegurar futuras ventas.

### **Futuros temas de investigación**

La evaluación de los beneficios que proporciona el sistema Kanban y/o las ventajas que se tienen respecto a las empresas que usan el sistema tradicional pueden ser un buen tema de estudio para futuras investigaciones. Tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Antes de hacer una investigación sobre el sistema Kanban aplicado a la construcción de viviendas en serie, es recomendable buscar aquellas empresas que busquen la calidad de su producto apoyadas del sistema Kanban.
- Conocer el sistema kanban sus beneficios y requerimientos necesarios para obtener los resultados esperados. sobre todo, creer en el sistema.

- Conocer la empresa constructora donde se desee aplicar o evaluar el sistema Kanban, tener acceso a la Obra, para recabar la información necesaria por medio de entrevistas, fotos, etc. Así como a los gerentes de calidad, etc.
- Tener un objetivo claro, hacer una investigación que realmente aporte algo a la sociedad.
- Tener en mente las preguntas de investigación que servirán para comprobar la hipótesis. Para buscar la respuesta a cada una de ellas dentro de las entrevistas.
- Las entrevistas a los representantes de la empresa (gerente de calidad) son tan importantes como la entrevista a los maestros de obra. Cada una de ellas te ayudará a conocer la respuesta a tus preguntas de investigación.
- Comprobar la fiabilidad de las entrevistas mediante la congruencia entre las respuestas que nos proporcionen los diferentes entrevistados, así como la observación directa a cada una de las etapas del proceso constructivo y del producto final.

El uso de nuevas corrientes provenientes de la cultura del pensamiento esbelto, son indispensables para renovar la industria de la construcción, es necesario crear una cultura de compromiso, de innovación y de calidad, para hacer que tanto los clientes, la empresa y los proveedores tengan como resultado el ganar- ganar.

La construcción de desarrollos de viviendas juega un papel muy importante en la sociedad, de ese producto se tendrán millones de familias que se verán beneficiadas o perjudicadas por el producto final. El esfuerzo que hace cada persona hace por obtener un hogar, debe ser correspondido con un producto que mejore la calidad de vida de su familia.

*“La calidad nunca es un accidente, siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia”.*

John Ruskin

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Vargas, Miguel, "Aplicación y Adaptación del Método Planificador Ultimo (Last Planner) para el control de Flujo y Variabilidad de actividades de un Proyecto de Construcción" .ITESM.2003.
- Ameels, Anne, Bruggeman, Werner,; Scheipers, Geert. "Value Based Management, control Processes to Create Value Through Integration", Vlerick Leuven Gent, Management School. 2002.
- Bounds, Greg; Yorks, Lyle; Adams, Mel; Ranney, Gipsie. "Beyond Total Quality Management, toward the emerging paradigm". McGraw-Hill International Editions. Singapore, 1994.
- Dejar, Donald L. "Employee Involvement Team, Member Manual". Ed QCI International, 1991, United States of America.
- Hammer, Michael; Champy, James. "Reengineering the Corporation" HarperCollins Publishers. New York, 1993.
- Igarashy, Ryo "sistemas de control visual" Productivity Press, 1993
- Koskela, Laury. "Applicaition of the new Production Philosophy to construction". Technical report No. 72.CIFE. Stanford University, Stanford, CA.1992.
- Lo Russo Santoro Antonieta, Aplicación del Lean Manufacturing en las Pyme´s, Tablero de comando, Disponible en : <http://www.tablero-decomando.com>.
- Mike Peterman (2001). *Lean Manufacturing and the quality quest*. Tooling & Production (Vol. 67. No 4).
- Pall Gabriel A. *Quality Process Management*, 1987.



- Sashkin, Marshal; Kiser, Kenneth J "Putting Total quality management to Work" Berret-Koehler Publishers. San Francisco, 1993.
- Serpell, A & Alarcón, L.F (2000). *Planificación y Control de Proyectos*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 264 páginas.
- Shingo, Shigeo. 1984. Study of 'TOYOTA' Production System. Japan Management Association, Tokyo. 359 p.
- Stalk, Goerge, and Hout Thomas.; "Competing Against Time, how time based competition is reshaping global markets". The free press, 1990.
- Tajiri,masaji;gotoh,fumio. "TPM implementation, a Japanese Approach".
- Womack James P., Daniel T. Jones (1996). *Lean Thinking*. U.S.A: Simon & Schuster.
- Womack James P., Daniel T. Jones (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Simon and Schuster.